

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-071797

(43)Date of publication of application : 17.03.2005

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
B60L 11/18  
H01M 8/00

(21)Application number : 2003-300028

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 25.08.2003

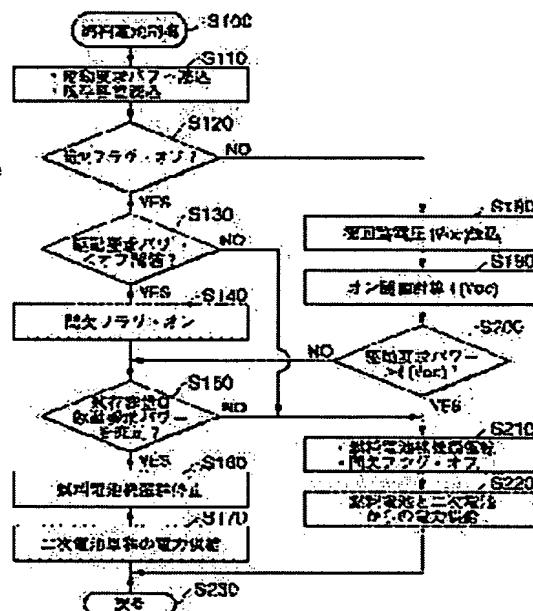
(72)Inventor : ISHIKAWA TETSUHIRO  
YOSHIDA HIROSHI  
SATO HITOSHI

## (54) FUEL CELL SYSTEM AND VEHICLE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the overall efficiency of a fuel cell system by an intermittent operation of the fuel cell, and to improve the starting response of the fuel cell after being stopped.

**SOLUTION:** In the fuel cell system for supplying load power from the fuel cell 20 and a secondary battery 30, the intermittent operation of the fuel cell is performed so that in a low load region, the fuel cell 20 is stopped and the load power is supplied from the secondary battery 30. In this case, the threshold of stopping/starting of the fuel cell 20 is adjusted depending on an open circuit voltage (OCV) of the fuel cell 20 in a stopping state (S180-S200). As a result, fuel consumption to maintain the open circuit voltage when the fuel cell is stopping, is avoided, and a restart response from the state that the open circuit voltage of the fuel cell 20 stopping a power generation drops is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

A fuel cell and an accumulation-of-electricity means,

It is a fuel cell system including an electric power supply means to supply power to a load from said fuel cell and said accumulation-of-electricity means,

Said electric power supply means is an on-off operation means to start said fuel cell which was made to stop said fuel cell when the demand power of said load did not fulfill a reference value, and stopped when the demand power of said load was said beyond reference value,

A fuel cell system equipped with the threshold adjustment device which adjusts said reference value according to the internal electromotive force of said stopped fuel cell.

[Claim 2]

A fuel cell and an accumulation-of-electricity means,

It is a fuel cell system including an electric power supply means to supply power to a load from said fuel cell and said accumulation-of-electricity means,

Said electric power supply means is an on-off operation means to start said fuel cell which was made to stop said fuel cell when the demand power of said load did not fulfill the 1st reference value, and stopped when the demand power of said load was beyond the 2nd reference value,

A fuel cell system equipped with the threshold adjustment device which adjusts said 2nd reference value according to the internal electromotive force of said stopped fuel cell.

[Claim 3]

Said threshold adjustment device is a fuel cell system according to claim 1 or 2 which said reference value or said 2nd reference value is reduced corresponding to the drop of the internal electromotive force of said fuel cell, and brings forward the starting stage of said fuel cell relatively.

[Claim 4]

Said threshold adjustment device is a fuel cell system according to claim 1 or 2 which has memorized beforehand the data of said reference value which should be set up to the internal electromotive force of said fuel cell, or said 2nd reference value.

[Claim 5]

Said accumulation-of-electricity means is a fuel cell system containing a rechargeable battery and a capacitor according to claim 1 to 4.

[Claim 6]

The motor which generates the power of a car,

It is an electric vehicle carrying the fuel cell system which includes an electric power supply means to supply power in said motor from a fuel cell and an accumulation-of-electricity means,

Said electric power supply means is an on-off operation means to start said fuel cell which was made to stop said fuel cell when the demand power of the load containing said motor did not fulfill the 1st reference value, and stopped when the demand power of said load was beyond the 2nd reference value,

An electric vehicle equipped with the threshold adjustment device which adjusts said 2nd reference value according to the internal electromotive force of said stopped fuel cell.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

Especially this invention relates to the electric vehicle carrying the fuel cell system equipped with the fuel cell and the accumulation-of-electricity means, and this fuel cell system about a fuel cell system and an electric vehicle.

[Background of the Invention]

[0002]

The improvement of energy efficiency is called for also in the electric vehicle carrying a fuel cell system. For example, in invention of the fuel cell system indicated by JP,2001-307758,A, when the magnitude of a load exceeded a reference value, the required power was supplied from the fuel cell and the rechargeable battery, and when the magnitude of a load is below a reference value, the configuration which stops a fuel cell and supplies the required power from a rechargeable battery is proposed. In the low loading field to which the effectiveness of a fuel cell system falls, intermittent operation which suspends operation of a fuel cell tends to be performed, a fuel cell tends to be operated by within the limits with a sufficient energy conversion efficiency, and the effectiveness of the whole fuel cell system tends to be improved.

[Patent reference 1] JP,2001-307758,A

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0003]

However, although an improvement of the effectiveness of a fuel cell system is achieved by operating a fuel cell intermittently, fluctuation of a load is sharp in an electric vehicle. Even if it stops a fuel cell and stops the electric power supply from a fuel cell by intermittent operation of a fuel cell, it is necessary to enable it to reboot for a short time. For this reason, in order to maintain open-circuit voltage (OCV) to the outgoing end of a fuel cell also in the idle state of the electric power supply from a fuel cell, operating an air compressor and a hydrogen pump (auxiliary machinery) is also considered, but since hydrogen (fuel) is consumed with a fuel cell in order to maintain open-circuit voltage, that part fuel consumption worsens.

[0004]

Therefore, this invention aims at offering the fuel cell system which makes it possible to aim at coexistence of the response (reboot time amount of the stopped fuel cell system) of a fuel cell which carries out on-off operation to the improvement in effectiveness of the whole system in the fuel cell system which performs intermittent operation.

[0005]

Moreover, this invention aims at offering the electric vehicle which made it possible to aim at coexistence with the effectiveness of the whole fuel cell system and the response of a car in the electric vehicle carrying a fuel cell and a rechargeable battery.

[Means for Solving the Problem]

[0006]

In order to attain the above-mentioned object the fuel cell system of this invention In a fuel cell system including a fuel cell and an accumulation-of-electricity means, and an electric power supply means to supply power to a load from the above-mentioned fuel cell and the above-mentioned accumulation-of-electricity means the above-mentioned electric power supply means An on-off operation means to start the above-mentioned fuel cell which was made to stop the above-mentioned fuel cell when the demand power of the above-mentioned load did not fulfill a reference value, and stopped when the demand power of the above-mentioned load was beyond the above-mentioned reference value, It has the threshold adjustment device which adjusts the above-mentioned reference value according to the internal electromotive force of the above-mentioned stopped fuel cell.

[0007]

By considering as this configuration, since the threshold of fuel cell starting is adjusted corresponding to the internal electromotive force (open-circuit voltage) produced with the fuel gas which remains inside a fuel cell, it becomes possible to reboot a fuel cell for a short time. Therefore, in the on-off operation of a fuel cell, even if it is the case where supply of the fuel (hydrogen) to a fuel cell is completely suspended, it becomes possible to reboot a fuel cell quickly, and it becomes possible to aim at the improvement in efficiency of a fuel cell system and the coexistence of operability (starting response time) by on-off operation.

[0008]

Moreover, the fuel cell system of this invention is set to a fuel cell system including a fuel cell and an accumulation-of-electricity means, and an electric power supply means to supply power to a load from the above-mentioned fuel cell and the above-mentioned accumulation-of-electricity means. An on-off operation means to start the above-mentioned fuel cell when the above-mentioned electric power supply means stops the above-mentioned fuel cell when the demand power of the above-mentioned load does not exceed the 1st reference value, and the demand power of the above-mentioned load exceeds the 2nd reference value, It has the threshold adjustment device which adjusts the 2nd reference value of the above according to the internal electromotive force of the above-mentioned stopped fuel cell. Here, an accumulation-of-electricity means accumulates electrical energy, and a rechargeable battery (battery), the so-called ultra capacitor (mass capacitor), etc. correspond.

[0009]

By considering as this configuration, since the threshold of fuel cell starting is adjusted corresponding to the internal electromotive force (open-circuit voltage) produced like the 1st invention with the fuel gas which remains inside a fuel cell, it becomes possible to reboot a fuel cell for a short time. Therefore, in the on-off operation of a fuel cell, even if it is the case where supply of the fuel (hydrogen) to a fuel cell is completely suspended, it becomes possible to reboot a fuel cell quickly, and it becomes possible to aim at

the improvement in efficiency of a fuel cell system and the coexistence of operability (starting response time) by on-off operation. Moreover, it becomes possible to avoid generating of hunting by changing the distinction value (threshold) which judges starting/halt of operation of a fuel cell.

[0010]

Moreover, the above-mentioned threshold adjustment device reduces the 2nd reference value of the above corresponding to the drop of the internal electromotive force of the above-mentioned fuel cell, and brings forward the starting stage of the above-mentioned fuel cell relatively.

[0011]

Moreover, the above-mentioned threshold adjustment device has memorized beforehand the data of the 2nd reference value of the above which should be set up to the internal electromotive force of the above-mentioned fuel cell. Data are also memorizable as a table or a function.

[0012]

Moreover, the above-mentioned accumulation-of-electricity means contains a rechargeable battery (or battery), a capacitor, etc. which are charged by the fuel cell.

[0013]

Moreover, the electric vehicle of this invention is set to the electric vehicle carrying the fuel cell system which includes an electric power supply means to supply power in the above-mentioned motor from the motor which generates the power of a car, and a fuel cell and an accumulation-of-electricity means. An on-off operation means to start the above-mentioned fuel cell when the above-mentioned electric power supply means stops the above-mentioned fuel cell when the demand power of the load containing the above-mentioned motor does not exceed the 1st reference value, and the demand power of the above-mentioned load exceeds the 2nd reference value, It has the threshold adjustment device which adjusts the 2nd reference value of the above according to the internal electromotive force of the above-mentioned stopped fuel cell.

[0014]

Even if it completely suspends the fuel supply to a fuel cell in intermittent operation of a fuel cell by considering as this configuration, it becomes possible to avoid responsibility lowering of a reboot of a fuel cell. This becomes compatible about a fuel consumption improvement and responsibility (for example, accelerator response) of an electric vehicle.

[Effect of the Invention]

[0015]

Since the fuel supply to a fuel cell can be thoroughly suspended in the on-off operation of a fuel cell at the time of the shutdown of a fuel cell according to this invention, fuel consumption is improved. Moreover, since the threshold of fuel cell starting of the fuel supply to a fuel cell also as a drop dead halt is set up according to the interior electromotive force of a residual of a fuel cell (outgoing end open circuit voltage), it becomes avoidable [ the delay of a reboot (response) of a fuel cell ].

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0016]

Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

[0017]

First, the effectiveness of a fuel cell system is explained. Drawing 4 is an explanatory view for explaining the effectiveness as a fuel cell, and current density, the effectiveness of the cel simple substance of a fuel cell, the explanatory view showing relation with a fuel cell (FC) output, the explanatory view in which this drawing (b) expresses the relation between auxiliary machinery power and a fuel cell output, and this drawing (c) of this drawing (a) are explanatory views showing the relation between a fuel cell output and FC system efficiency.

[0018]

On the other hand, auxiliary machinery which supply fuel gas (oxygen, hydrogen gas), such as an air compressor and a pump, needs the power which increases mostly according to the increment in the amount of distributed gas (fuel cell output) for a fuel cell, and predetermined power is needed even if it is the case that a fuel cell output (FC output) is low (refer to drawing 4 (b)). These results, the system efficiency (for example, value which did the division of the power which deducted the power which auxiliary machinery actuation takes from the amount of generations of electrical energy with gas supply volume) as a fuel cell falls, so that a fuel cell output (FC output) is small, as shown in drawing 4 (c).

[0019]

Then, in the low loading field (it is the field where fuel cell system efficiency is bad relatively) of under the reference value  $P_s$ , the demand load to a fuel cell stops the electric power supply from a fuel cell 20, and supplies power from a rechargeable battery (accumulation-of-electricity means). In the heavy load field beyond a reference value  $P_s$  (it is a field with sufficient fuel cell system efficiency relatively), it becomes possible from a fuel cell and a rechargeable battery to improve the system efficiency of a fuel cell by supplying power to a load. This is one of the reasons of operating a fuel cell intermittently.

[0020]

By the way, in an electric vehicle, the readiness of a power source of release (a motor, power source) is searched for from accelerator actuation or starting actuation. For this reason, auxiliary machinery is operated intermittently, and he supplies fuel gas to a fuel cell intermittently, and is trying for a fuel cell to maintain predetermined open-circuit voltage (OCV), for example, 400 volts, also in the power supply interruption condition from a fuel cell to a motor, as shown in drawing 5.

[0021]

Drawing 6 shows the starting response characteristic of the fuel cell (100% of accelerator openings) when breaking an accelerator into max and starting a car. The fuel cell output (FC output) property shown as a continuous line shows the case where it starts from the condition of having been maintained by predetermined open circuit voltage (OCV), among this drawing. Moreover, the fuel cell output (FC output) property shown by the dotted line shows among drawing the case where it starts from the condition (refer to 2 point lead lines in drawing 5 ) that open circuit voltage descended. After the fuel cell has been maintained by predetermined open circuit voltage, in the condition that the open circuit voltage of a fuel cell is not maintained, it is [ rather than ] delay  $D$  of a big response to the delay of a response being  $d$  according to downward open circuit voltage. Moreover, when the open end electrical potential difference of a fuel cell falls, the output (burden) of a rechargeable battery is increasing at the time of motor starting. Therefore, if it is going to secure the starting response characteristic of a fuel cell, the useless fuel gas for holding open circuit voltage will be consumed, and fuel consumption does not become good as a result as performing on-off operation of the fuel cell which performs the electric power supply from a fuel cell only in the range with sufficient system efficiency.

[0022]

So, in the example described below, supply of the fuel gas to a fuel cell is thoroughly suspended in the power supply interruption

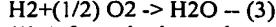
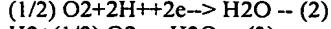
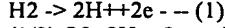
condition from a fuel cell to a load in the on-off operation of a fuel cell. moreover, the open-circuit voltage of the fuel cell which falls by this -- responding -- the on-off operation of a fuel cell -- as the reference value Ps of the demand load which starts the fuel cell to kick is adjusted and a starting stage is rash, starting delay of a fuel cell is prevented as much as possible. the on-off operation concerned -- the reference value of starting/halt of the fuel cell to kick can also be set as the value in which it differs for howling prevention the case of starting, and in the case of a halt.

[0023]

Drawing 1 is a block diagram showing the outline of the configuration of an electric vehicle in which the fuel cell system 10 which is one suitable example of this invention was carried. The fuel cell system 10 of this example is carried in a car, and works as a power source for car actuation. The fuel cell system 10 uses a fuel cell 20, a rechargeable battery 30, the motor 32 for vehicle actuation, auxiliary machinery 34, DC to DC converter 36, the remaining capacity monitor 46, a control section 50, an inverter 80, and a current sensor 90 as the main components. Hereafter, each component of the fuel cell system 10 is explained.

[0024]

A fuel cell 20 is a fuel cell of a solid-state polyelectrolyte mold, and has the stack structure which carried out two or more laminatings of the single cel which is a configuration unit. A single cel is constituted by the separator which is not illustrated, an anode (anode plate), an electrolyte membrane, a cathode (cathode), the separator, etc. A fuel cell 20 receives supply of the fuel gas containing hydrogen in a cathode side, and acquires electromotive force to an anode plate side according to the electrochemical reaction shown below in response to supply of the oxidation gas containing oxygen.



(1) A formula shows the reaction by the side of cathode, and the reaction by the side of an anode plate of (2) types, and (3) types express the reaction which occurs by the whole cell.

[0025]

Such a fuel cell 20 can control an output by adjusting the amount of fuel gas, and oxidation capacity according to the magnitude of the load connected. Control of this output is performed by the control section 50. That is, the driving signal from a control section 50 is outputted to the electro-magnetic valve prepared in a below-mentioned air compressor and a below-mentioned fuel-supply way, the amount of distributed gas is controlled by adjusting the amount of actuation and switching condition, and the output of a fuel cell 20 is adjusted.

[0026]

The fuel cell 20 is connected to a rechargeable battery 30, a motor 32, and auxiliary machinery 34. This fuel cell 20 charges a rechargeable battery 30 according to the condition of these loads while supplying power to a motor 32 and auxiliary machinery 34. In this case, the fuel cell 20 is connected to a motor 32 and auxiliary machinery 34 through switch 20a, and the electric power supply of a motor 32 or auxiliary machinery 34 and charge of a rechargeable battery 30 are performed through closing motion control of this switch 20a by the control section 50, or switch 30a by the side of a rechargeable battery. Moreover, voltmeter 20b is connected to the outgoing end of a fuel cell 20, and the detection electrical potential difference is supplied to the control section 50.

[0027]

A rechargeable battery 30 is a power unit (accumulation-of-electricity means) which supplies power to a motor 32 and auxiliary machinery 34 with the above-mentioned fuel cell 20. Although the lead accumulator was used in this example, rechargeable batteries of other type, such as a Ni-Cd battery, a nickel-hydrogen battery, and a lithium rechargeable battery, can also be used. The capacity of this rechargeable battery 30 is determined by the engine performance (full speed, mileage, etc.) of the transit conditions the magnitude of the car carrying the fuel cell system 10 and this car are assumed to be, or the car demanded etc. In addition, it is good also as replacing with a rechargeable battery 30 and using a mass ultra capacitor.

[0028]

A motor 32 is a three phase synchronous motor. The direct current which a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30 output is changed into the three-phase alternating current by the inverter 80 mentioned later, and is supplied to a motor 32 by it. In response to supply of such power, a motor 32 generates revolution driving force, and through the axle in the car carrying the fuel cell system 10, this revolution driving force is told to the front wheel and/or rear wheel of a car, and turns into power which makes it run a car. This motor 32 receives control of a control unit 33. The control device 33 is connected with accelerator pedal position sensor 33b which detects the control input of accelerator pedal 33a. Moreover, the control unit 33 is connected also with the control section 50, and the various information about actuation of a motor 32 etc. is exchanged between this control section 50. For example, the control input of accelerator pedal 33a is told to a control section 50 as an amount of actuation demand power.

[0029]

Auxiliary machinery 34 is bearing the role which supplies and works fuel gas etc. to a fuel cell 20.

[0030]

Drawing 2 is the block diagram showing roughly the example of a configuration of the auxiliary machinery at the time of using high voltage hydrogen as a fuel. The hydrogen stored by high voltage hydrogen tank 34a is supplied to the cathode group of a fuel cell 20 through closing motion valve 34b, reducing-valve 34c which adjusts a pressure, and 34d of closing motion valves. "Closing motion" of valves, such as this, and the "amount of closing motion" are controlled by the below-mentioned control section 50 electromagnetic. The exhausted hydrogen gas which was not used with a fuel cell 20 is collected through steam separator 34e, is returned to a fuel cell 20 by pump 34f, and is reused. On the other hand, a foreign matter is removed by air filter 34g, and the air (oxygen) supplied to an anode plate group is compressed by compressor 34h, is humidified by humidifier 34i, and is supplied to a fuel cell 20. The oxidation gas pressure supplied to a fuel cell 20 by compressor 34h can be adjusted.

[0031]

Drawing 3 is the block diagram showing roughly the example of a configuration of the auxiliary machinery at the time of making a refining machine into the source of hydrogen gas supply. The fuel cell system 10 uses the above-mentioned fuel cell 20, methanol tank 34j and water tank 34k, and 34l. of refining machines, and air compressor 34m as the main components, and also has solenoid-valve 34p which adjusts the amount of supply hydrogen from the pumps 34n and 34o which supply a methanol and water to 34l. of refining machines from a tank, and 34l. of refining machines to a fuel cell 70. Air compressor 34m, the oxidation gas pressure supplied to a fuel cell 20 can be adjusted.

[0032]

The solenoid valve and air compressor which were mentioned above, a mass flow controller besides each pumps, the Water pump which is not illustrated correspond to auxiliary machinery 34. A Water pump controls the internal temperature of a fuel cell 20 below to predetermined temperature by pressurizing cooling water, circulating the inside of a fuel cell 20, circulating cooling water in this

way, and making heat exchange perform within a fuel cell 20. A mass flow controller adjusts the pressure and flow rate of fuel gas which are supplied to a fuel cell 20 as mentioned already. Although independently expressed with drawing 1 a fuel cell 20 and auxiliary machinery 34, about the device in connection with control of the operational status of these fuel cells 20, it can also be called the peripheral device of a fuel cell 20.

[0033]

DC to DC converter 36 changes the electrical potential difference of the electrical energy which a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30 output, and supplies it to auxiliary machinery 34. An electrical potential difference required to drive a motor 32 is usually about 200V-300V, and the electrical potential difference corresponding to this is outputted from the fuel cell 20 and the rechargeable battery 30. However, the electrical potential difference when driving the auxiliary machinery 34, such as a pump, a compressor, and a solenoid valve, is about 12V, and cannot supply the electrical potential difference outputted from a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30 in the condition as it is. Therefore, the electrical potential difference is dropped with DC to DC converter 36.

[0034]

By changing switch 20a by the side of the above-mentioned fuel cell, and switch 30a by the side of a rechargeable battery, a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30, and a motor 32 can be connected, or it can separate. The connection condition of each above-mentioned switch is controlled by the control section 50.

[0035]

The remaining capacity monitor 46 detects the remaining capacity of a rechargeable battery 30, and is constituted by SOC meter here. SOC meter integrates the current value and time amount of charge and discharge in a rechargeable battery 30, and a control section 50 calculates the remaining capacity of a rechargeable battery 30 based on this value. The remaining capacity monitor 46 is good also as constituting by the voltage sensor instead of SOC meter here. Since an electrical-potential-difference value falls as that remaining capacity decreases, a rechargeable battery 30 can detect the remaining capacity of a rechargeable battery 30 by measuring an electrical potential difference using this property. Such an electrical-potential-difference sensor is connected to a control section 50, and a control section 50 can calculate the remaining capacity of a rechargeable battery 30 based on the measured value inputted from a voltage sensor by memorizing the relation of the electrical-potential-difference value and remaining capacity in a voltage sensor beforehand to the control section 50. Or the remaining capacity monitor 46 is good also as a configuration which measures the specific gravity of the electrolytic solution of a rechargeable battery 30, and detects remaining capacity.

[0036]

A control section 50 is constituted as a logical circuit centering on a microcomputer, and consists of CPU52, ROM54, RAM56, and input/output port 58. CPU52 performs a predetermined operation etc. according to the control program set up beforehand. A control program, control data, etc. required to perform various data processing are beforehand stored in ROM54 by CPU52, and various data required to perform various data processing by CPU52 as well as RAM56 are written temporarily. While input/output port 58 inputs the detecting signal from various sensors, such as output voltage total 20b and the remaining capacity monitor 46, etc., according to the result of an operation in CPU52, it outputs a driving signal to an inverter 80 etc., and controls the actuation condition of each part of a fuel cell system.

[0037]

In drawing 1, although only the input of the signal from output voltage total 20b, the remaining capacity monitor 46, and a current sensor 90, the output of the driving signal of an inverter 80, and the exchange of the signal between control units 33 were shown about the control section 50, in addition to this, the control section 50 is performing various control in a fuel cell system. As main things, control of the operational status of a fuel cell 20 can be mentioned in the control by the control section 50 which is not illustrated. As mentioned already, a driving signal is outputted to an air compressor or a mass flow controller, control oxidation capacity and the amount of fuel gas, the place elder brother who uses a refining machine controls the amount of the methanol supplied to the refining machine 64, and water, or the control section 50 is also performing temperature management of a fuel cell 20, and temperature management of the refining machine 64.

[0038]

An inverter 80 changes into three-phase-circuit alternating current the direct current supplied from a fuel cell 20 or a rechargeable battery 30, and supplies it to a motor 32. Here, it is controllable in the driving force generated by the motor 32 by adjusting the amplitude (actually pulse width) and frequency of a three-phase-circuit alternating current which are supplied to a motor 32 based on the directions from a control section 50. This inverter 80 is constituted considering six switching elements (for example, the bipolar form MOSFET (IGBT)) as a main circuit component, and changes into the amplitude of arbitration, and the three-phase alternating current of a frequency the direct current supplied by the switching operation of these switching elements from a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30. The electric conduction line connects with the control section 50, and each switching element with which an inverter 80 is equipped receives control of the timing of the switching with the driving signal from a control section 50.

[0039]

The connection condition with this inverter 80, a fuel cell 20, or a rechargeable battery 30 is determined by control of the above-mentioned switches 20a and 30a. That is, connection of the inverter 80 besides connection between an inverter 80 and a fuel cell 20 and a rechargeable battery 30 and the concurrent connection of the fuel cell 20 to an inverter 80 and a rechargeable battery 30 are possible. And while taking these connection conditions, the output control (generating operation control) of a fuel cell 20 can be performed to arbitration, and the output control (control of output ON and an output OFF) of a rechargeable battery 30 can also be performed to arbitration.

[0040]

A current sensor 90 detects the output current from a rechargeable battery 30. Although the output state of a rechargeable battery 30 has the case of discharge, and the case of charge, it is henceforth called the output current about the case of both charge and discharge. This current sensor 90 has connected with a control section 50, and the current value detected by the current sensor 90 is inputted into a control section 50. The inputted current value is used in case the charge-and-discharge condition in a rechargeable battery 30 is judged.

[0041]

Next, the fuel cell control which the fuel cell system 10 which has the configuration mentioned above performs is explained. Drawing 7 is a flow chart showing the content of processing of this fuel cell control. In the car carrying the fuel cell system 10, this fuel cell control is performed for every predetermined time and every 10microsec by CPU52 from from, when the predetermined start switch which starts this fuel cell system is turned on (S100).

[0042]

If this routine is performed, a control section 50 will first perform reading of the actuation demand power which the operator of an electric vehicle who carried this system demands through accelerator actuation, and reading of the remaining capacity Q of a

rechargeable battery 30 (step S110). This actuation demand power is the power (load power) for rotating the motor 32 of a car according to a demand of an operator, and is provided with the generated output of a fuel cell 20, and the discharge power of a rechargeable battery 30. In this case, actuation demand power is distinguished in inputting the control input (output of accelerator pedal position sensor 33b) of accelerator pedal 33a into a control section 50 through a control unit 33. Moreover, the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30 is read from the output value of the remaining capacity monitor 46, and is calculated. [0043]

The set condition of an intermittent flag which shows the purport which is in on-off operation mode in which a fuel cell 20 is operated intermittently is judged following these reading operation (step S120). If this intermittent flag is in a reset (flag-off) condition about set-reset being carried out by the below-mentioned processing, and carrying out on-off operation of the fuel cell 20 if it is in a set (flag-on) condition, it expresses making a fuel cell 20 run continuously.

[0044]

When it judges with an intermittent flag being in a reset condition (continuous running), (S120;Yes) and actuation demand power judge whether it is smaller than the threshold power  $P_s$  which is a distinction reference value (step S120). The threshold power  $P_s$  is drawing 4. As shown in (c), since the output of a fuel cell 20 is low, system efficiency is the boundary value of the fuel cell output of the low loading field which becomes low, and serves as distinction criteria of whether for the electric power supply from a fuel cell 20 to be stopped, and to perform on-off operation mode. For example, it is set to about 10% of the generation-of-electrical-energy capacity (power serviceability) of a fuel cell 20. In addition, it is not necessarily restricted to what this threshold power  $P_s$  can set up many things according to the remaining capacity Q read at the charge-and-discharge capacity and step S110 of a rechargeable battery 30, and was described above.

[0045]

Although it is in (S130;Yes) and the situation made to run continuously a fuel cell 20 in response to a judgment (intermittent flag-off) at step S120 when an affirmation judging is carried out at this step S130, actuation demand power will be smaller than the threshold power  $P_s$ . Therefore, an intermittent flag is set to ON so that the purport which shifts the operation mode of a fuel cell 20 to on-off operation mode from continuous-running mode may be shown in this case (step S140). Next, the remaining capacity Q and actuation demand power which were read at step S100 are contrasted, and it judges whether a motor 32 can be rotated with the power of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30 as actuation demand power (step S150). That is, it judges whether actuation demand power can be satisfied by remaining capacity Q.

[0046]

At this step S150, when it judges with the ability of actuation demand power to be satisfied by remaining capacity Q, operation of the fuel cell device group containing the auxiliary machinery (peripheral device) of the fuel cell 20 in (S150;Yes) and a low generation-of-electrical-energy field and fuel cells, such as the above-mentioned pump and an air compressor, is suspended, and supply to the fuel cell of fuel gas is suspended. Switch 20a is opened and the electric power supply from a fuel cell to a motor 32 stops. The open-circuit voltage of a fuel cell 20 is detected by voltmeter 20b, and is sent to a control section 50 (step S160). Then, switch 30a is closed, the power of remaining capacity Q is supplied to a motor 32 from a rechargeable battery 30 (step S170), and this routine is once ended (S230). Thereby, a motor 32 rotates by the electric power supply only from a rechargeable battery 30, and drives a car by actuation demand power.

[0047]

On the other hand, at step S150, by the remaining capacity Q of a rechargeable battery, when it judges with the ability of actuation demand power not to be satisfied, while carrying out generating operation of the above-mentioned fuel cell device group, an intermittent flag is set off that (S150;No), a rechargeable battery 30, and a fuel cell 20 should be used together so that the purport which should shift to the continuous-running mode of a fuel cell 20 may be shown (step S210). Thereby, car actuation by actuation demand power is attained at the revolution list of a motor 32 with the power of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, and the power which the fuel cell 20 generated.

[0048]

Switches 20a and 30a are closed, power is supplied to a motor 32 from a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20 (step S220), and this routine is once ended so that actuation demand power can provide meals following this step S210 with the power of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, and the power which generated the fuel cell 20 (S230). If it explains in more detail, the power which should generate them with a fuel cell 20 from these both by reading by step S110 since actuation demand power and remaining capacity Q are known will become settled. Therefore, the fuel gas amount of supply mentioned already for generating this fixed power is calculated, the auxiliary machinery (peripheral device) mentioned above according to that result is operated, and the power which became settled the account of a top is generated with a fuel cell 20. Thereby, a motor 32 rotates by the electric power supply from a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20, and drives a car by actuation demand power.

[0049]

Moreover, when it judges with actuation demand power being more than the threshold power  $P_s$  at step S130, it can be said that what is necessary is just to carry out generating operation for a fuel cell 20 in the situation that system efficiency is high, for obtaining actuation demand power. Therefore, it shifts to step S210 in order to provide actuation demand power with the power of a rechargeable battery 30, and the generated output of a fuel cell 20. Thereby, a motor 32 rotates by the electric power supply from a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20, and a car is driven by actuation demand power (S220).

[0050]

On the other hand, the output voltage  $V_{oc}$  of the fuel cell currently supplied to the control section 50 is read in voltmeter 20b in order to perform threshold setting out  $P_{on}$  of (S120;No) and the fuel cell starting distinction according to the current open-circuit voltage (OCV) of the stopped fuel cell 20, when it judges with a control section 50 being step S120 mentioned already, and being in the condition (on-off operation condition) that the intermittent flag was set to ON (S180).

[0051]

A control section 50 calculates the ON threshold  $P_{on}$  from the output voltage  $V_{oc}$  of a fuel cell 20. Drawing 8 is a graph explaining the open-circuit voltage  $V_{oc}$  of a fuel cell, and the example of the ON threshold  $P_{on}$  which should be set up. The control section 50 is beforehand memorized to ROM54 as function  $P_{on}=f(V_{oc})$  by using this graph as map data. Function  $P_{on}=f(V_{oc})$  has a property which lowers the ON threshold  $P_{on}$  with lowering of open-circuit voltage. If the open-circuit voltage of a stopped fuel cell descends by that cause, it will be set up so that the ON threshold  $P_{on}$  which starts a fuel cell may become low. When the ON threshold  $P_{on}$  becomes low and starting timing is relatively rash, it becomes possible to decrease delay of the standup of the output of a fuel cell 20 like the after-mentioned. The optimal property of this function  $f(V_{oc})$  can be experimentally identified in an equipment design. In the example of a graphic display, when the open-circuit voltage  $V_{oc}$  of a fuel cell 20 is 400 volts, the ON threshold  $P_{on}$  has set the ON threshold  $P_{on}$  as 3kW, when 7kW and open-circuit voltage  $V_{oc}$  are 200 volts. Thus, a control section 50 sets up the ON

threshold Pon (S190).

[0052]

Drawing 9 is an explanatory view explaining the example to which the ON threshold Pon is adjusted by the current value of the open-circuit voltage of a fuel cell 20. If the current value Vocv of open-circuit voltage falls, the value of a threshold Pon will be set up low relatively and the value of a threshold Pon will be relatively set up highly in the condition (for example, rated output electrical potential difference) that the current value Vocv of open-circuit voltage is high.

[0053]

Next, it judges whether a control section 50 has actuation demand power larger than the ON threshold power Pon (step S200). Although it is in the situation to which on-off operation of the fuel cell 20 is carried out in response to a judgment (intermittent flag-on) at step S120 here when an affirmation judging is carried out (S200;Yes), actuation demand power will be larger than the ON threshold power Pon. Therefore, it shifts to step S210 in order to provide this big actuation demand power with the power of a rechargeable battery 30, and the generated output of a fuel cell 20.

[0054]

As mentioned above, while carrying out generating operation of the above-mentioned fuel cell device group, an intermittent flag is set off that a control section 50 should use together a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20 so that the purport which should shift to the continuous-running mode of a fuel cell 20 may be shown (step S210). Thereby, car actuation by actuation demand power is attained at the revolution list of a motor 32 with the power of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, and the power which the fuel cell 20 generated.

[0055]

Switches 20a and 30a are closed, power is supplied to a motor 32 from a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20 (step S220), and this routine is once ended so that actuation demand power can provide meals following this step S210 with the power of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, and the power which generated the fuel cell 20 (S230).

[0056]

If it explains in more detail, the power which should generate them with a fuel cell 20 from these both by reading by step S110 since actuation demand power and remaining capacity Q are known will become settled. Therefore, the fuel gas amount of supply mentioned already for generating this fixed power is calculated, the auxiliary machinery (peripheral device) mentioned above according to that result is operated, and the power which became settled the account of a top is generated with a fuel cell 20. Thereby, a motor 32 rotates by the electric power supply from a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20, and drives a car by actuation demand power.

[0057]

When a negative judging is carried out at step S200, (S200;No) and actuation demand power are still small. Therefore, it shifts to step S150 and processing after it mentioned already is performed in order to provide this actuation demand power with the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, with the fuel cell device group containing a fuel cell 20 and its peripheral device stopped. Thereby, the fuel cell system 10 rotates a motor 32 by the remaining capacity Q of (step S160) and a rechargeable battery 30 under the halt situation of a fuel cell device group (step S170), and drives a car by actuation demand power. Moreover, in remaining capacity Q, in lack, a motor 32 is rotated by the electric power supply from (step S150; No), a rechargeable battery 30, and a fuel cell 20 (step S210 220), and it drives a car by actuation demand power.

[0058]

As explained above, the fuel cell system 10 of this example defines operation and a halt of the fuel cell device group containing a fuel cell 20 and its peripheral device with the magnitude of the actuation demand power of the car which an operator demands through treading-in actuation of accelerator pedal 33a. That is, when this actuation demand power is what is obtained by the generating operation of a heavy load field for a fuel cell 20, (step S130; No) and a fuel cell device group are operated, a generation of electrical energy is rotated with a fuel cell 20, a motor 32 is rotated with a lifting (step S210), this power, and the power of a rechargeable battery 30, and a car is driven (step S220). Therefore, in this case, the generating operation of the fuel cell 20 can be efficiently carried out in a heavy load field, and system efficiency can be improved as the fuel cell system 10, as a result an electric vehicle in which this was carried.

[0059]

When actuation demand power is what is obtained by the generating operation of a low loading field for a fuel cell 20, on the other hand, (Step S130; Yes), If a motor revolution can be provided with the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30 (step S150; Yes) The fuel cell device group containing a fuel cell 20 and its peripheral device is stopped (step S160), a motor 32 is rotated by the remaining capacity Q by rechargeable battery 30 independent one (step S170), and a car is driven by actuation demand power. Therefore, since it can avoid carrying out generating operation of the fuel cell 20 in a low loading field, system efficiency can be improved as an electric vehicle in which causing a useless generation of electrical energy of a fuel cell 20 was lost, and the fuel cell system 10, as a result this were carried. And since it combines with the shutdown of a fuel cell 20 and operation of the peripheral device of air compressor 66 grade is also suspended, as the energy which operation of these equipments takes is not used, either, system efficiency can be improved more.

[0060]

Moreover, even if actuation demand power is the thing of a low loading field, when a motor revolution runs short of the remaining capacity Q of a rechargeable battery 30, (step S150; No) and a fuel cell device group are made to operate, a motor 32 is rotated with the power of a rechargeable battery 30 and a fuel cell 20 (step S 210 220), and a car is driven by actuation demand power. For this reason, since a car can be driven in the state of the actuation which an operator means, sense of incongruity is not given to an operator.

[0061]

Moreover, in this example, since actuation demand power increased, when operating a fuel cell 20 from the situation of having stopped the fuel cell 20 since actuation demand power was below the off threshold power Ps, it was presupposed that the fuel cell 20 has been stopped until this actuation demand power became larger than the ON threshold power Pon (step S200). Therefore, even if actuation demand power fluctuates around the threshold power Ps, hunting which repeats operation and a halt of a fuel cell 20 is avoidable. For this reason, allophone generating of the pump which is the nonconformity by hunting, for example, the peripheral device of a fuel cell 20, etc. is avoidable.

[0062]

Moreover, in this example, since actuation demand power increased, when rebooting a fuel cell 20 from the condition of having stopped thoroughly the fuel gas supply to a fuel cell 20 since actuation demand power was below the off threshold power Ps, the ON threshold power Pon which opts for starting of a fuel cell 20 was adjusted according to the current open-circuit voltage (OCV) of a

fuel cell 20 (S180, S190). It is possible for this to avoid the delay (to refer to drawing 6) of starting of the fuel cell by lowering of the open-circuit voltage OCV of a fuel cell 20 as much as possible. It becomes [ to improve the fuel consumption of a fuel cell ] possible and is desirable, securing the starting performance (responsibility) of a fuel cell.

[0063]

Moreover, the off threshold Ps mentioned above is not made into a fixed value, but it is good also as an adjustable value. For example, it is good also as setting it as a value (Pon-alpha) only with the low predetermined value alpha from the ON threshold Pon adjusted according to the residual electromotive force of a fuel cell. In this case, even if the value of the ON threshold Pon changes, the allowances alpha of antihunting are always secured. Moreover, if the nonconformity of the above-mentioned hunting does not arise, the off threshold Ps may be set as the same value as the ON threshold Pon.

[Brief Description of the Drawings]

[0064]

[Drawing 1] It is a block diagram explaining the electric vehicle carrying a fuel cell system.

[Drawing 2] It is a block diagram for explaining auxiliary machinery (example of a hydrogen gas activity).

[Drawing 3] It is a block diagram for explaining auxiliary machinery (example of a reformed gas activity).

[Drawing 4] Drawing 4 (a) thru/or this drawing (c) are the graphs explaining the effectiveness of a fuel cell system.

[Drawing 5] In order to maintain the open-circuit voltage (OCV) of a fuel cell to a predetermined value, it is a graph explaining the example which supplies hydrogen gas intermittently.

[Drawing 6] It is a graph explaining the delay property of fuel cell starting (output start) by lowering of the open-circuit voltage of a fuel cell.

[Drawing 7] It is a flow chart explaining the control action of early starting corresponding to the on-off operation of a fuel cell and the lowering of open-circuit voltage by the control section.

[Drawing 8] It is a graph explaining the example of reference-value (threshold) setting out of the fuel cell ON according to the open-circuit voltage of a fuel cell.

[Drawing 9] It is an explanatory view explaining the example to which the reference value of the fuel cell ON in the on-off operation of a fuel cell system is changed according to open-circuit voltage.

[Description of Notations]

[0065]

10 -- Fuel cell system

20 -- Fuel cell

30 -- Rechargeable battery

32 -- Motor

33 -- Control unit

33a -- Accelerator pedal

33b -- Accelerator pedal position sensor

34 -- Auxiliary machinery

36 -- DC to DC converter

46 -- Remaining capacity monitor

50 -- Control section

80 -- Inverter

90 -- Current sensor

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]****[0064]**

**[Drawing 1]** It is a block diagram explaining the electric vehicle carrying a fuel cell system.

**[Drawing 2]** It is a block diagram for explaining auxiliary machinery (example of a hydrogen gas activity).

**[Drawing 3]** It is a block diagram for explaining auxiliary machinery (example of a reformed gas activity).

**[Drawing 4]** **Drawing 4** (a) thru/or this drawing (c) are the graphs explaining the effectiveness of a fuel cell system.

**[Drawing 5]** In order to maintain the open-circuit voltage (OCV) of a fuel cell to a predetermined value, it is a graph explaining the example which supplies hydrogen gas intermittently.

**[Drawing 6]** It is a graph explaining the delay property of fuel cell starting (output start) by lowering of the open-circuit voltage of a fuel cell.

**[Drawing 7]** It is a flow chart explaining the control action of early starting corresponding to the on-off operation of a fuel cell and the lowering of open-circuit voltage by the control section.

**[Drawing 8]** It is a graph explaining the example of reference-value (threshold) setting out of the fuel cell ON according to the open-circuit voltage of a fuel cell.

**[Drawing 9]** It is an explanatory view explaining the example to which the reference value of the fuel cell ON in the on-off operation of a fuel cell system is changed according to open-circuit voltage.

---

**[Translation done.]**

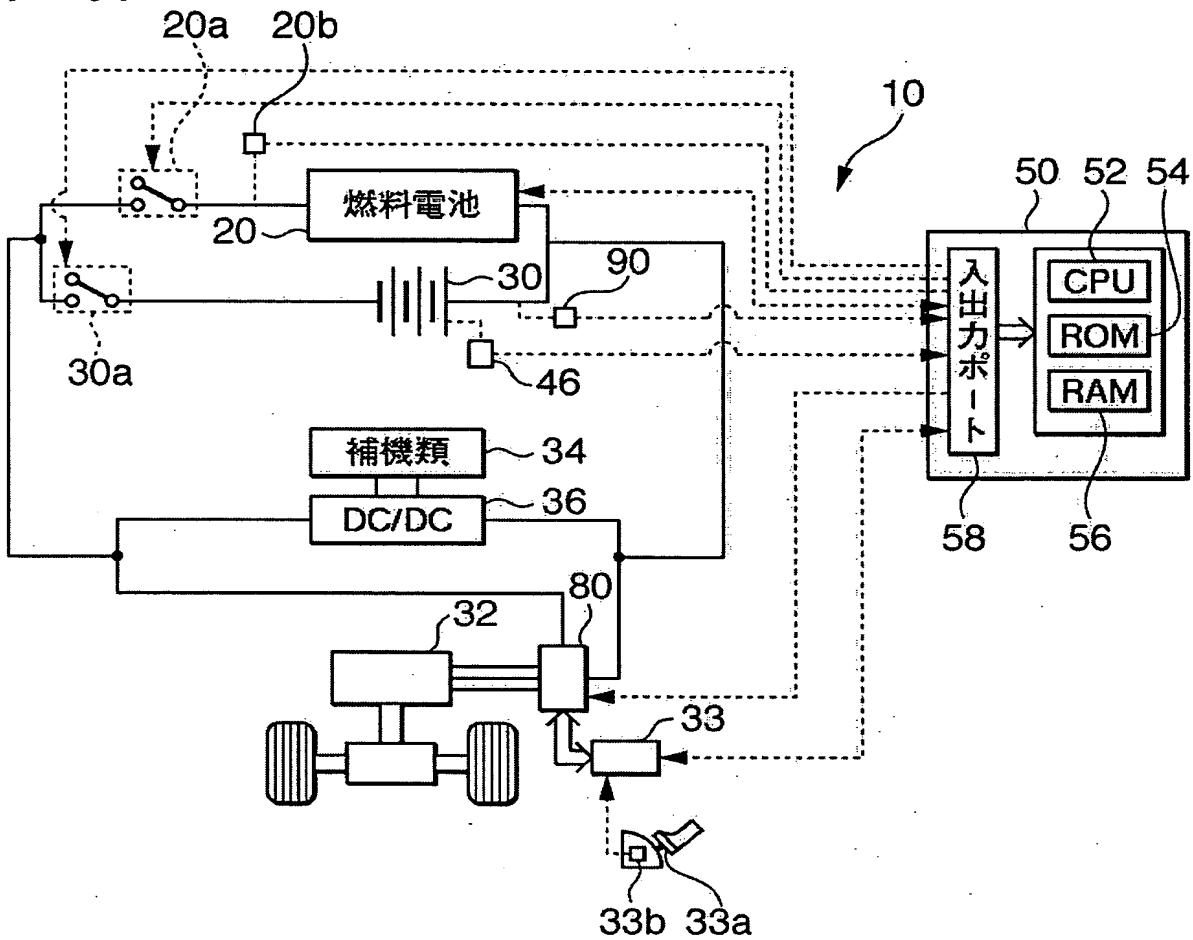
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

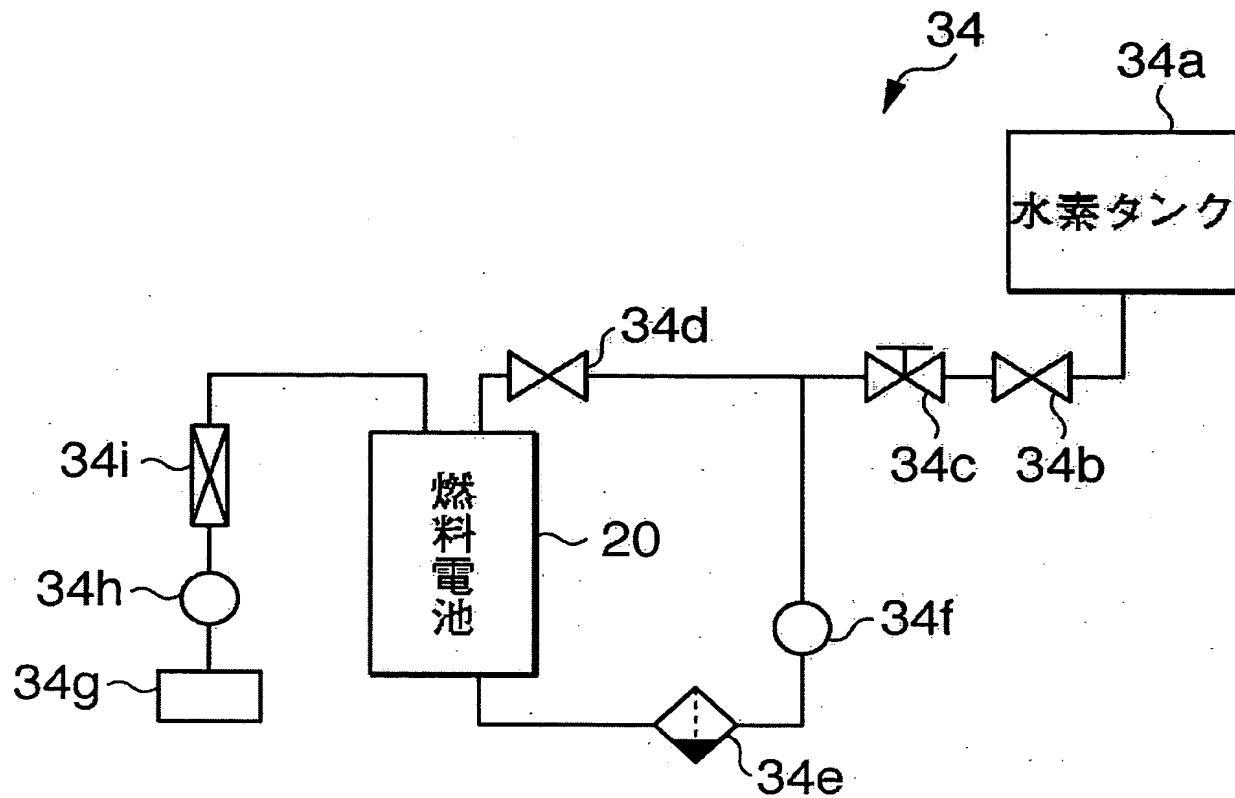
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

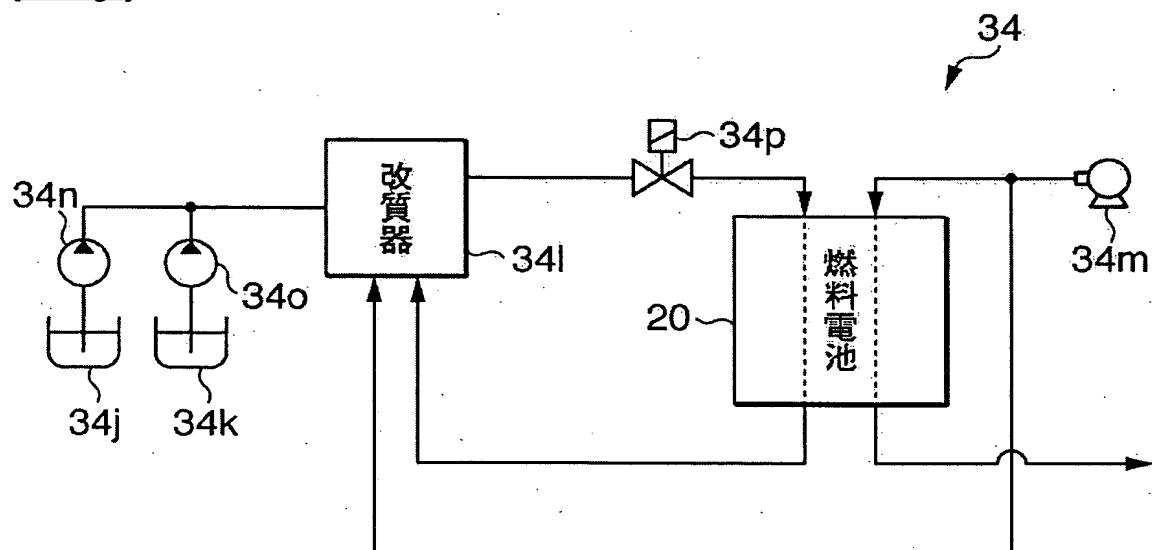
## [Drawing 1]



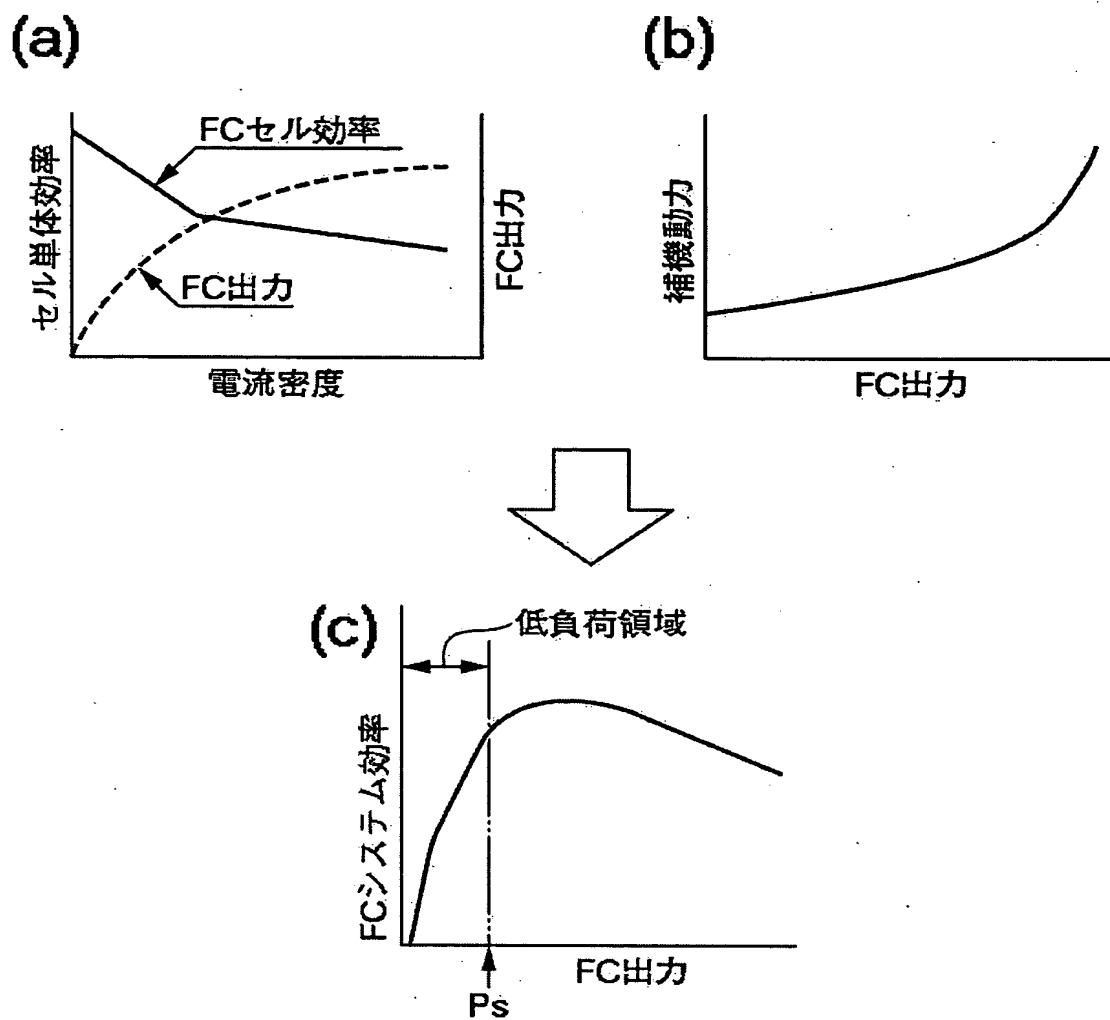
## [Drawing 2]



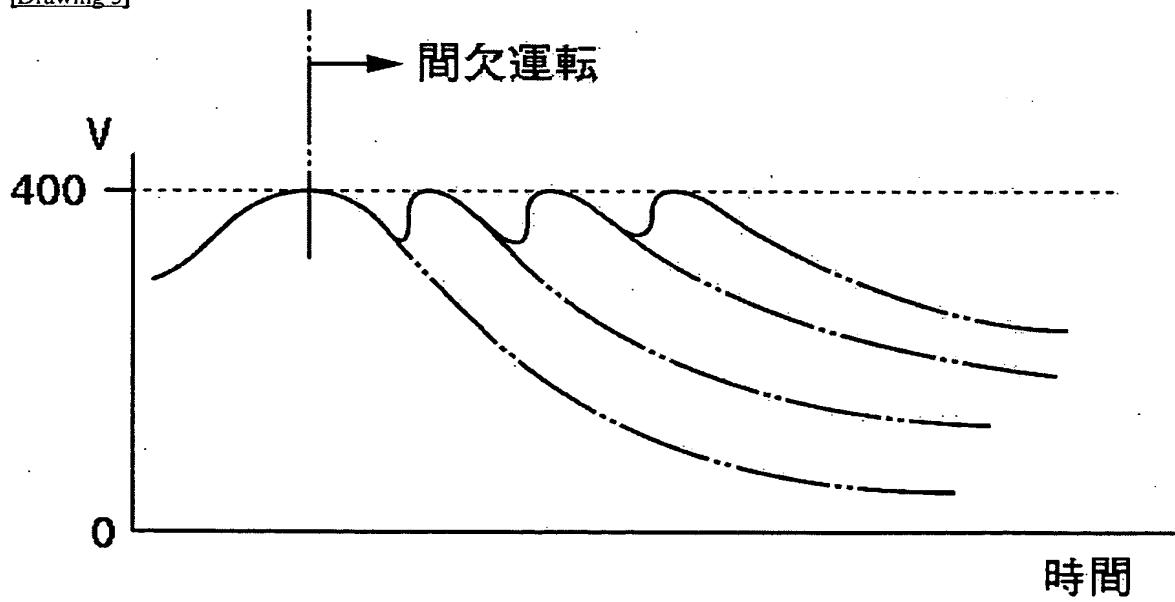
[Drawing 3]



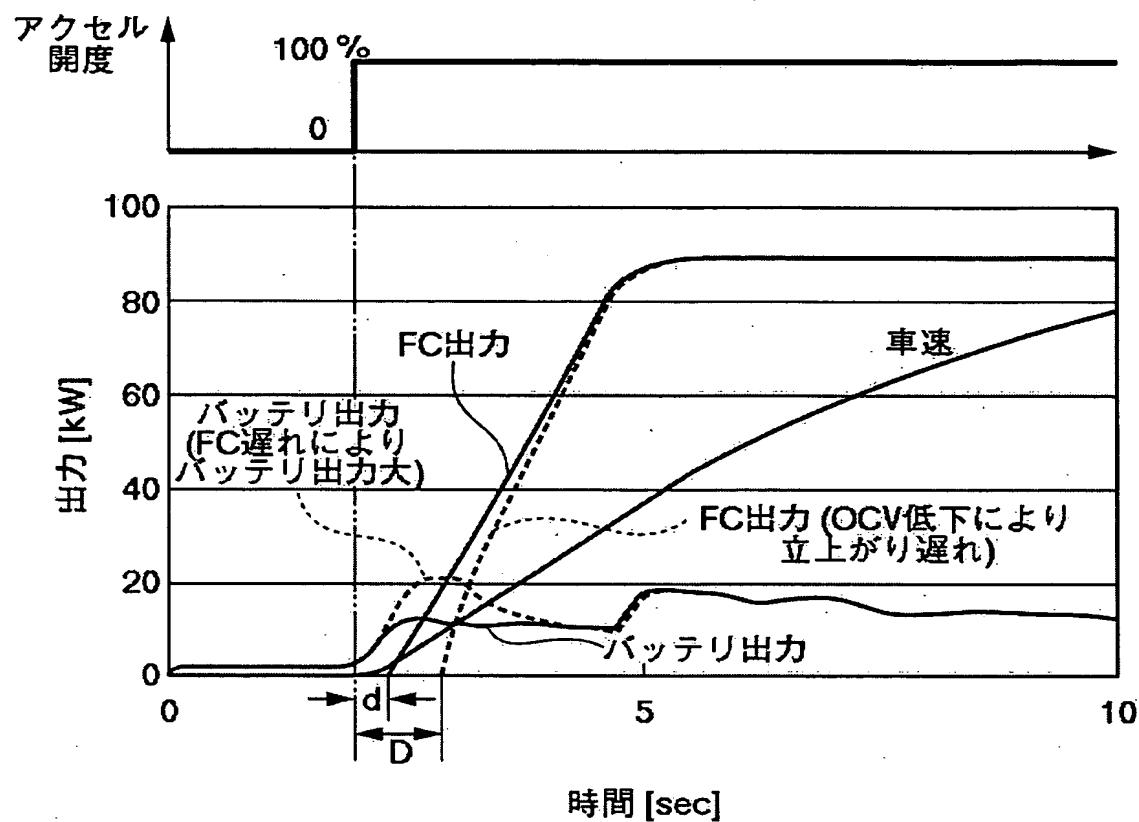
[Drawing 4]



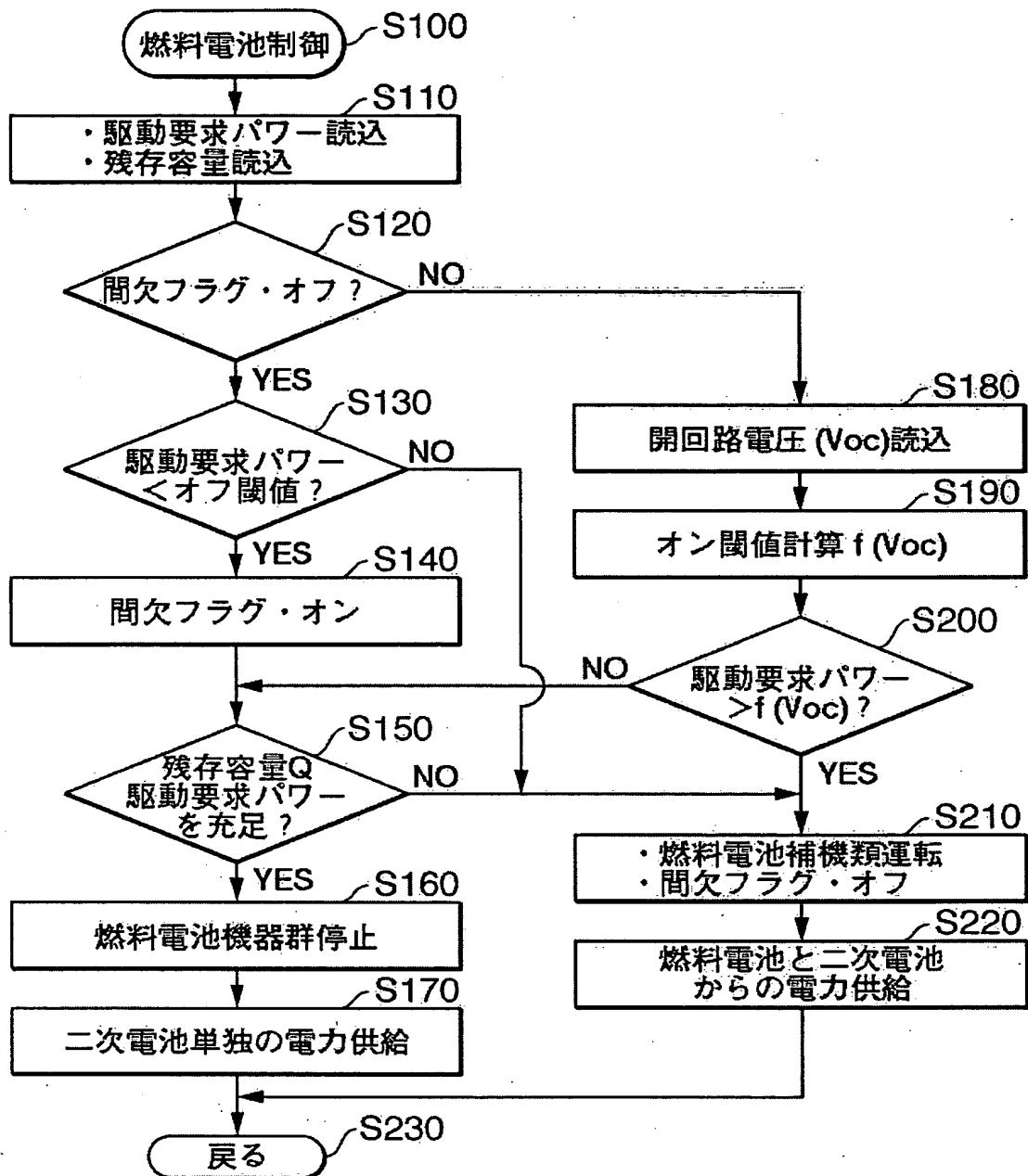
[Drawing 5]



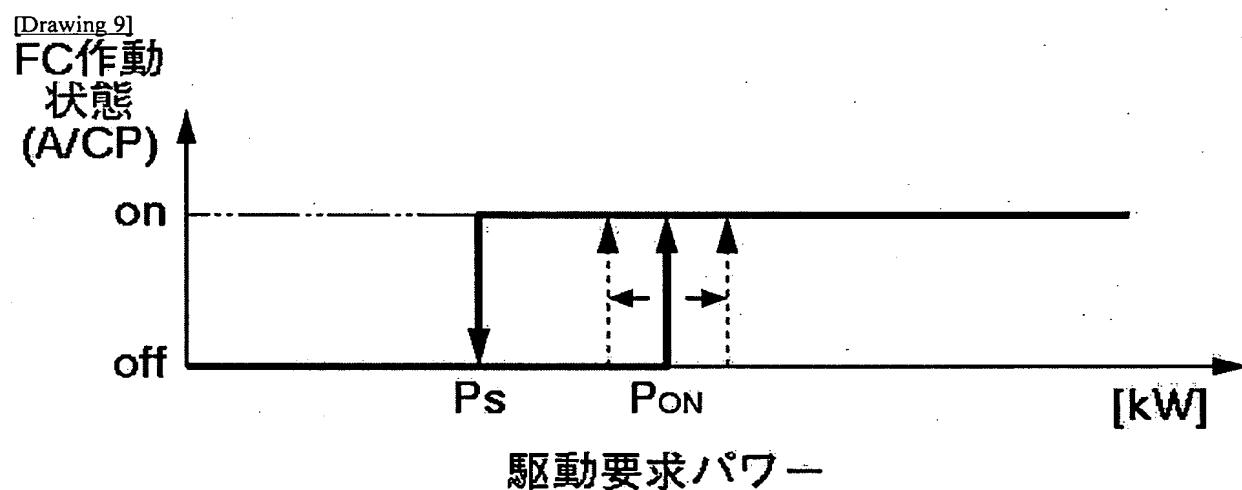
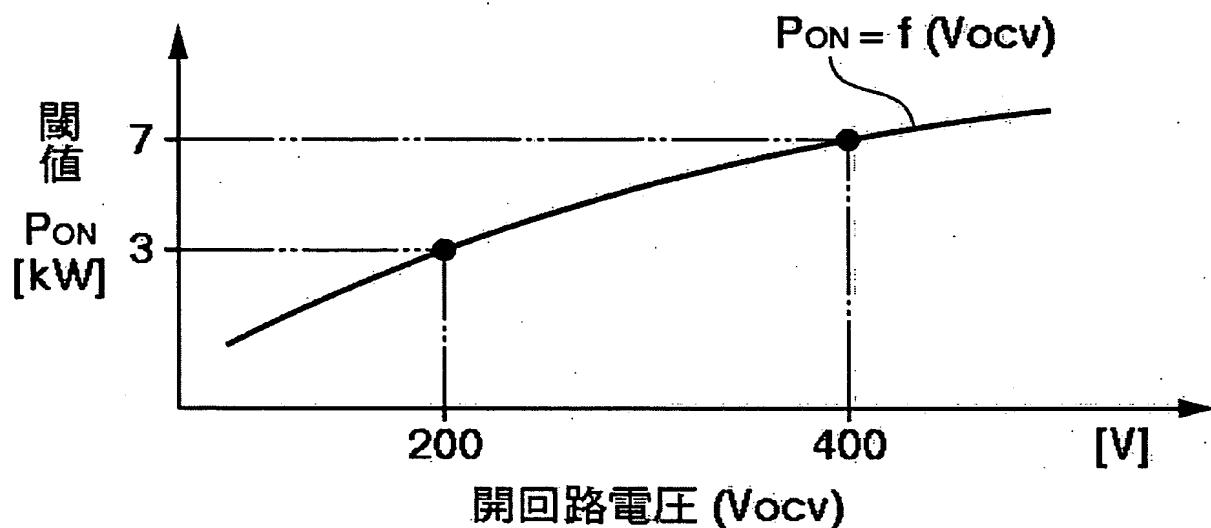
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-71797

(P2005-71797A)

(43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)

(51) Int. C1.<sup>7</sup>H01M 8/04  
B60L 11/18  
H01M 8/00

F 1

H01M 8/04  
H01M 8/04  
B60L 11/18  
H01M 8/00  
H01M 8/00

テーマコード(参考)

5H027  
5H115

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L. (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2003-300028 (P2003-300028)

(22) 出願日

平成15年8月25日 (2003.8.25)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

100079108

弁理士 稲葉 良幸

100093861

弁理士 大賀 貞司

100109346

弁理士 大賀 敏史

石川 哲浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

吉田 寛史

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

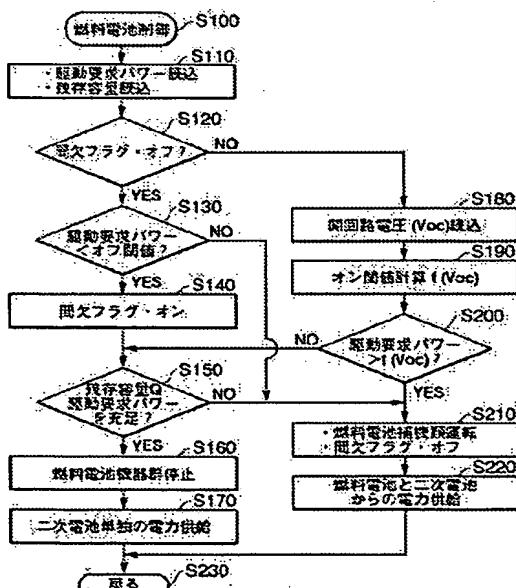
(54) 【発明の名称】燃料電池システム及び車両

## (57) 【要約】

【課題】 燃料電池の間欠的な運転によって燃料電池システム全体の効率を高めると共に停止した燃料電池の起動応答特性を改善する。

【解決手段】 燃料電池20と二次電池30から負荷電力を供給する燃料電池システムにおいて、低負荷領域では燃料電池20を停止し、二次電池30から負荷電力を供給するようにした燃料電池の間欠運転を行う。この際、燃料電池20の停止・起動の閾値を停止状態の燃料電池20の開回路電圧(OCV)に応じて調整する(S180～S200)。それにより、燃料電池停止時の開回路電圧を維持するための燃料消費を回避すると共に、発電停止した燃料電池20の開回路電圧が低下した状態からの再起動の応答性を向上させる。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃料電池及び蓄電手段と、

前記燃料電池及び前記蓄電手段から負荷へ電力を供給する電力供給手段と、を含む燃料電池システムであって、

前記電力供給手段は、前記負荷の要求電力が基準値に満たないときに前記燃料電池を停止させ、前記負荷の要求電力が前記基準値以上であるときに停止した前記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、

停止した前記燃料電池の内部起電力に応じて前記基準値を調整する閾値調整手段と、を備える燃料電池システム。

## 【請求項 2】

燃料電池及び蓄電手段と、

前記燃料電池及び前記蓄電手段から負荷へ電力を供給する電力供給手段と、を含む燃料電池システムであって、

前記電力供給手段は、前記負荷の要求電力が第1の基準値に満たないときに前記燃料電池を停止させ、前記負荷の要求電力が第2の基準値以上であるときに停止した前記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、

停止した前記燃料電池の内部起電力に応じて前記第2の基準値を調整する閾値調整手段と、を備える燃料電池システム。

## 【請求項 3】

前記閾値調整手段は、前記燃料電池の内部起電力の低下に対応して前記基準値又は前記第2の基準値を低下させ、前記燃料電池の起動時期を相対的に早める請求項1又は2に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 4】

前記閾値調整手段は、前記燃料電池の内部起電力に対して設定すべき前記基準値又は前記第2の基準値のデータを予め記憶している請求項1又は2に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 5】

前記蓄電手段は、二次電池及びキャパシタを含む請求項1乃至4のいずれかに記載の燃料電池システム。

## 【請求項 6】

車両の動力を発生するモータと、

燃料電池及び蓄電手段から前記モータに電力を供給する電力供給手段を含む燃料電池システムと、を搭載する電気自動車であって、

前記電力供給手段は、前記モータを含む負荷の要求電力が第1の基準値に満たないときに前記燃料電池を停止させ、前記負荷の要求電力が第2の基準値以上であるときに停止した前記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、

停止した前記燃料電池の内部起電力に応じて前記第2の基準値を調整する閾値調整手段と、を備える電気自動車。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は燃料電池システム及び電気自動車に関し、特に、燃料電池と蓄電手段とを備えた燃料電池システムと、この燃料電池システムを搭載した電気自動車に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

燃料電池システムを搭載する電気自動車においても、エネルギー効率の改善が求められている。例えば、特開2001-307758号に開示された燃料電池システムの発明では、負荷の大きさが基準値を越える場合には燃料電池と二次電池とから所要電力を供給し、負荷の大きさが基準値以下の場合には燃料電池を停止して二次電池から所要電力を供給する構成を提案している。燃料電池システムの効率が低下する低負荷領域では燃料電池の運

10

20

30

40

50

転を一時停止する間欠的な運転を行い、燃料電池をエネルギー変換効率の良い範囲内で動作させて燃料電池システム全体の効率を改善せんとしている。

【特許文献1】特開2001-307758号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、燃料電池を間欠的に運転することによって燃料電池システムの効率の改善が図られるものの、電気自動車では負荷の変動が激しい。燃料電池の間欠的運転によって燃料電池を停止して燃料電池からの電力供給を停止しても、短時間で再起動出来るようになる必要がある。このため、燃料電池からの電力供給の停止状態においても燃料電池の出力端に開回路電圧(OCV)を維持するためにエアコンプレッサと水素ポンプ(補機類)を作動させることも考えられるが、開回路電圧を維持するために燃料電池で水素(燃料)が消費されるので、その分燃費が悪くなる。

【0004】

よって、本発明は間欠的な運転を行う燃料電池システムにおけるシステム全体の効率向上と、間欠運転する燃料電池のレスポンス(停止した燃料電池システムの再起動時間)の両立を図ることを可能とする燃料電池システムを提供することを目的とする。

【0005】

また、本発明は燃料電池と二次電池を搭載した電気自動車における燃料電池システム全体の効率と車両のレスポンスとの両立を図ることを可能とした電気自動車を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため本発明の燃料電池システムは、燃料電池及び蓄電手段と、上記燃料電池及び上記蓄電手段から負荷へ電力を供給する電力供給手段と、を含む燃料電池システムにおいて、上記電力供給手段は、上記負荷の要求電力が基準値に満たないときに上記燃料電池を停止させ、上記負荷の要求電力が上記基準値以上であるときに停止した上記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、停止した上記燃料電池の内部起電力に応じて上記基準値を調整する閾値調整手段と、を備える。

【0007】

かかる構成とすることによって、燃料電池内部に残留する燃料ガスによって生ずる内部起電力(開回路電圧)に対応して燃料電池起動の閾値を調整するので短時間で燃料電池を再起動することが可能となる。よって、燃料電池の間欠運転において、燃料電池への燃料(水素)の供給を全く停止した場合であっても、燃料電池の再起動を素早く行うことが可能となり、間欠運転による燃料電池システムの効率改善と運転性(起動応答時間)の両立を図ることが可能となる。

【0008】

また、本発明の燃料電池システムは、燃料電池及び蓄電手段と、上記燃料電池及び上記蓄電手段から負荷へ電力を供給する電力供給手段と、を含む燃料電池システムにおいて、上記電力供給手段は、上記負荷の要求電力が第1の基準値を越えないときに上記燃料電池を停止させ、上記負荷の要求電力が第2の基準値を越えるときに上記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、停止した上記燃料電池の内部起電力に応じて上記第2の基準値を調整する閾値調整手段と、を備える。ここで、蓄電手段は電気エネルギーを蓄積するものであり、例えば、二次電池(蓄電池)やいわゆるウルトラキャパシタ(大容量コンデンサ)等が該当する。

【0009】

かかる構成とすることによって、第1の発明と同様に、燃料電池内部に残留する燃料ガスによって生ずる内部起電力(開回路電圧)に対応して燃料電池起動の閾値を調整するので短時間で燃料電池を再起動することが可能となる。よって、燃料電池の間欠運転において、燃料電池への燃料(水素)の供給を全く停止した場合であっても、燃料電池の再起動

10

20

30

40

50

を素早く行うことが可能となり、間欠運転による燃料電池システムの効率改善と運転性（起動応答時間）の両立を図ることが可能となる。また、燃料電池の運転の起動／停止を判断する判別値（閾値）を異ならせることによってハンチングの発生を回避することが可能となる。

【0010】

また、上記閾値調整手段は、上記燃料電池の内部起電力の降下に対応して上記第2の基準値を低下させ、上記燃料電池の起動時期を相対的に早める。

【0011】

また、上記閾値調整手段は、上記燃料電池の内部起電力に対して設定すべき上記第2の基準値のデータを予め記憶している。データはテーブルや関数として記憶することも出来る。

10

【0012】

また、上記蓄電手段は、燃料電池によって充電される二次電池（あるいは蓄電池）及びキャパシタ等を含む。

【0013】

また、本発明の電気自動車は、車両の動力を発生するモータと、燃料電池及び蓄電手段から上記モータに電力を供給する電力供給手段を含む燃料電池システムと、を搭載する電気自動車において、上記電力供給手段は、上記モータを含む負荷の要求電力が第1の基準値を越えないときに上記燃料電池を停止させ、上記負荷の要求電力が第2の基準値を越えるときに上記燃料電池を起動させる間欠運転手段と、停止した上記燃料電池の内部起電力に応じて上記第2の基準値を調整する閾値調整手段と、を備える。

20

【0014】

かかる構成とすることによって、燃料電池の間欠的運転において燃料電池への燃料供給を全く停止したとしても、燃料電池の再起動の応答性低下を回避することが可能となる。それにより、電気自動車の燃費改善と応答性（例えば、アクセルレスポンス）を両立可能となる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば燃料電池の間欠運転において燃料電池の運転停止時には燃料電池への燃料供給を完全に停止することができるので燃費が改善される。また、燃料電池への燃料供給を完全停止としても、燃料電池起動の閾値を燃料電池の残留内部起電力（出力端開放電圧）に応じて設定するので燃料電池の再起動（レスポンス）の遅れを回避可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0017】

まず、燃料電池システムの効率について説明する。図4は燃料電池としての効率を説明するための説明図であり、同図(a)は電流密度と燃料電池のセル単体の効率、燃料電池(F C)出力との関係を表す説明図、同図(b)は補機動力と燃料電池出力との関係を表す説明図、同図(c)は燃料電池出力とF Cシステム効率との関係を表す説明図である。

40

【0018】

一方、燃料電池に燃料ガス（酸素、水素ガス）を供給するエアコンプレッサ、ポンプ等の補機類は、供給ガス量の増加(燃料電池出力)に応じてほぼ増加する動力を必要とし、燃料電池出力(F C出力)が低い場合であっても所定の動力を必要とする(図4(b)参照)。これらの結果、燃料電池としてのシステム効率(例えば、発電量から補機駆動に要する電力を差し引いた電力をガス供給量で除算した値)は、図4(c)に示すように、燃料電池出力(F C出力)が小さいほど低下する。

【0019】

そこで、燃料電池に対する要求負荷が基準値P s未満の低負荷領域（相対的に燃料電池システム効率が悪い領域）では、燃料電池20からの電力供給を停止し、二次電池（蓄電

50

手段) から電力を供給する。基準値  $P_s$  以上の高負荷領域(相対的に燃料電池システム効率が良い領域)では、燃料電池及び二次電池から負荷に電力を供給することで燃料電池のシステム効率を改善することが可能となる。これが、燃料電池を間欠的に運転することの理由の1つである。

【0020】

ところで、電気自動車ではアクセル操作や起動操作に対して動力発生源(モータ、電源)の即応性が求められる。このため、図5に示すように、燃料電池からモータへの電力供給停止状態においても、補機類を間欠的に動作させて燃料電池に燃料ガスを断続的に供給し、燃料電池が所定の開回路電圧(OCV)、例えば、400ボルトを維持するようにしている。

【0021】

図6は、アクセルを最大に踏み込んで車両を発車させたとき(アクセル開度100%)の燃料電池の起動応答特性を示している。同図中、実線で示される燃料電池出力(FC出力)特性は所定の開放電圧(OCV)に維持された状態から起動した場合を示している。また、図中、点線で示される燃料電池出力(FC出力)特性は開放電圧が低下した状態(図5中の二点差線参照)から起動した場合を示している。燃料電池が所定の開放電圧に維持された状態では応答の遅れがdであるのに対し、燃料電池の開放電圧が維持されない状態では下降開放電圧に応じたより大きな応答の遅れDとなっている。また、燃料電池の開放端電圧が低下した場合には、モータ起動時に二次電池の出力(負担)が増大している。従って、燃料電池の起動応答特性を確保しようとすると開放電圧を保持するための無駄な燃料ガスを消費し、燃料電池からの電力供給をシステム効率の良い範囲でのみ行う燃料電池の間欠運転を行うこととしても結果的に燃費が良くならない。

【0022】

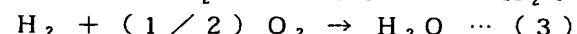
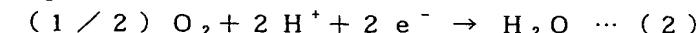
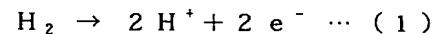
そこで、以下に述べる実施例では、燃料電池の間欠運転において燃料電池から負荷への電力供給停止状態においては燃料電池への燃料ガスの供給を完全に停止する。また、これにより低下する燃料電池の開回路電圧に応じて燃料電池の間欠運転における燃料電池を起動する要求負荷の基準値  $P_s$  を調整して起動時期が早まるようにして燃料電池の起動遅延を可及的に防止する。当該間欠運転における燃料電池の起動/停止の基準値はハウリング防止のために起動の場合と停止の場合とで異なる値に設定することも出来る。

【0023】

図1は、本発明の好適な一実施例である燃料電池システム10を搭載した電気自動車の構成の概略を表すブロック図である。本実施例の燃料電池システム10は、車両に搭載されて車両駆動用の電源として働く。燃料電池システム10は、燃料電池20、2次電池30、車駆動用のモータ32、補機類34、DC/DCコンバータ36、残存容量モニタ46、制御部50、インバータ80、電流センサ90を主な構成要素とする。以下、燃料電池システム10の各構成要素について説明する。

【0024】

燃料電池20は、固体高分子電解質型の燃料電池であり、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。単セルは、図示しないセパレータ、アノード(陽極)、電解質膜、カソード(陰極)、セパレータ等によって構成される。燃料電池20は、陰極側に水素を含有する燃料ガスの供給を受け、陽極側には酸素を含有する酸化ガスの供給を受けて以下に示す電気化学反応によって起電力を得る。



(1)式は陰極側における反応、(2)式は陽極側における反応を示し、(3)式は電池全体で起こる反応を表わす。

【0025】

このような燃料電池20は、接続される負荷の大きさに応じて燃料ガス量及び酸化ガス量を調節することによって出力を制御することができる。この出力の制御は制御部50に

10

20

30

40

50

よって行なわれる。すなわち、後述のエアコンプレッサや燃料供給路に設けた電磁バルブに対して制御部 50 からの駆動信号を出力し、その駆動量や開閉状態を調節することで供給ガス量を制御して燃料電池 20 の出力を調節している。

【0026】

燃料電池 20 は、2 次電池 30、モータ 32 及び補機類 34 と接続している。この燃料電池 20 は、モータ 32 及び補機類 34 に対して電力の供給を行なうと共に、これら負荷の状態に応じて 2 次電池 30 の充電を行なう。この場合、燃料電池 20 は、モータ 32 及び補機類 34 とスイッチ 20a を介して接続されており、制御部 50 によるこのスイッチ 20a や 2 次電池側のスイッチ 30a の開閉制御を経て、モータ 32 や補機類 34 への電力供給、2 次電池 30 の充電が実行される。また、燃料電池 20 の出力端には電圧計 20b が接続されており、検出電圧が制御部 50 に供給されている。

10

【0027】

2 次電池 30 は、上記燃料電池 20 と共にモータ 32 及び補機類 34 に電力を供給する電源装置（蓄電手段）である。本実施例では鉛蓄電池を用いたが、ニッケルーカドミウム蓄電池、ニッケルー水素蓄電池、リチウム 2 次電池など他種の 2 次電池を用いることもできる。この 2 次電池 30 の容量は、燃料電池システム 10 を搭載する車両の大きさやこの車両の想定される走行条件、あるいは要求される車両の性能（最高速度や走行距離など）などによって決定される。なお、2 次電池 30 に代えて大容量のウルトラキャパシタを使用することとしても良い。

【0028】

モータ 32 は、三相同期モータである。燃料電池 20 や 2 次電池 30 が出力する直流電流は、後述するインバータ 80 によって三相交流に変換されてモータ 32 に供給される。このような電力の供給を受けてモータ 32 は回転駆動力を発生し、この回転駆動力は、燃料電池システム 10 を搭載する車両における車軸を介して、車両の前輪及び／または後輪に伝えられ、車両を走行させる動力となる。このモータ 32 は、制御装置 33 の制御を受ける。制御装置 33 は、アクセルペダル 33a の操作量を検出するアクセルペダルポジションセンサ 33b 等とも接続されている。また、制御装置 33 は、制御部 50 とも接続されており、この制御部 50 との間でモータ 32 の駆動などに関する種々の情報をやり取りしている。例えば、アクセルペダル 33a の操作量は駆動要求パワー量として制御部 50 に伝えられる。

20

【0029】

補機類 34 は、燃料電池 20 に燃料ガスなどを供給して稼働させる役割を担っている。

【0030】

図 2 は、高圧水素を燃料として用いた場合の補機類の構成例を概略的に示すブロック図である。高圧水素タンク 34a に貯留された水素は、開閉弁 34b、圧力を調整する減圧弁 34c、開閉弁 34d を経て燃料電池 20 の陰極群に供給される。これ等の弁の「開閉」、「開閉量」は後述の制御部 50 によって電磁的に制御される。燃料電池 20 で使用されなかった排水素ガスは気水分離器 34e を経て回収され、ポンプ 34f によって燃料電池 20 に戻され、再利用される。一方、陽極群に供給される空気（酸素）は、エアフィルタ 34g で異物が除去され、コンプレッサ 34h で圧縮され、加湿器 34i で加湿されて燃料電池 20 に供給される。コンプレッサ 34h で燃料電池 20 に供給する酸化ガス圧を調節することができる。

30

【0031】

図 3 は、改質器を水素ガス供給源とした場合の補機類の構成例を概略的に示すブロック図である。燃料電池システム 10 は、上記燃料電池 20 と、メタノールタンク 34j 及び水タンク 34k と、改質器 34l と、エアコンプレッサ 34m とを主な構成要素とするほか、メタノールと水をタンクから改質器 34l に供給するポンプ 34n、34o、改質器 34l から燃料電池 70 への供給水素量を調整する電磁弁 34p を有する。エアコンプレッサ 34m は、燃料電池 20 に供給する酸化ガス圧を調節することができる。

40

【0032】

50

補機類34には、上述した、電磁弁、エアコンプレッサや、各ポンプ類のほか、マスフロコントローラや図示しないウォータポンプ等も該当する。ウォータポンプは、冷却水を加圧して燃料電池20内を循環させるものであり、このように冷却水を循環させて燃料電池20内で熱交換を行なわせることによって、燃料電池20の内部温度を所定の温度以下に制御する。マスフロコントローラは、既述したように燃料電池20に供給する燃料ガスの圧力と流量を調節する。図1では燃料電池20と補機類34とは独立して表わされているが、これら燃料電池20の運転状態の制御に関わる機器については燃料電池20の周辺機器ということもできる。

## 【0033】

DC/DCコンバータ36は、燃料電池20及び2次電池30が出力する電気エネルギーの電圧を変換して補機類34に供給する。モータ32を駆動するのに必要な電圧は、通常200V~300V程度であり、燃料電池20及び2次電池30からはこれに見合った電圧が出力されている。しかしながら、ポンプ、コンプレッサ、電磁弁などの補機類34を駆動するときの電圧は12V程度であり、燃料電池20及び2次電池30から出力される電圧をそのままの状態で供給することはできない。したがって、DC/DCコンバータ36によって電圧を降下させている。

## 【0034】

上記した燃料電池側のスイッチ20aや2次電池側のスイッチ30aを切り替えることによって、燃料電池20及び2次電池30とモータ32とを接続したり切り離したりすることができる。上記各スイッチの接続状態は、制御部50によって制御されている。

## 【0035】

残存容量モニタ46は、2次電池30の残存容量を検出するものであり、ここではSOCメータによって構成されている。SOCメータは2次電池30における充電・放電の電流値と時間とを積算するものであり、この値を基に制御部50は2次電池30の残存容量を演算する。ここで残存容量モニタ46は、SOCメータの代わりに電圧センサによって構成することとしてもよい。2次電池30は、その残存容量が少なくなるにつれて電圧値が低下するため、この性質を利用して電圧を測定することによって2次電池30の残存容量を検出することができる。このような電圧センサは制御部50に接続されるものであり、制御部50に予め電圧センサにおける電圧値と残存容量との関係を記憶しておくことによって、電圧センサから入力される測定値を基に制御部50は2次電池30の残存容量を求めることができる。あるいは、残存容量モニタ46は、2次電池30の電解液の比重を測定して残存容量を検出する構成としてもよい。

## 【0036】

制御部50は、マイクロコンピュータを中心とした論理回路として構成され、CPU52、ROM54、RAM56及び入出力ポート58からなる。CPU52は、予め設定された制御プログラムに従って所定の演算などを実行する。ROM54には、CPU52で各種演算処理を実行するのに必要な制御プログラムや制御データなどが予め格納されており、RAM56には、同じくCPU52で各種演算処理を実行するのに必要な各種データが一時的に読み書きされる。入出力ポート58は、出力電圧計20b、残存容量モニタ46など各種センサからの検出信号などを入力すると共に、CPU52での演算結果に応じて、インバータ80などに駆動信号を出力して燃料電池システムの各部の駆動状態を制御する。

## 【0037】

図1では、制御部50に関しては、出力電圧計20b、残存容量モニタ46及び電流センサ90からの信号の入力と、インバータ80の駆動信号の出力と、制御装置33との間の信号のやり取りのみを示したが、制御部50はこの他にも燃料電池システムにおける種々の制御を行なっている。制御部50による図示しない制御の中で主要なものとしては、燃料電池20の運転状態の制御を挙げることができる。既述したように、エアコンプレッサやマスフロコントローラに駆動信号を出力して酸化ガス量や燃料ガス量を制御したり、改質器を使用する場合は、改質器64に供給するメタノール及び水の量を制御したり、燃

10

20

30

40

50

料電池 20 の温度管理や改質器 64 の温度管理も制御部 50 が行なっている。

【0038】

インバータ 80 は、燃料電池 20 や 2 次電池 30 から供給される直流電流を、3 相交流電流に変換してモータ 32 に供給する。ここでは、制御部 50 からの指示に基づいて、モータ 32 に供給する 3 相交流の振幅（実際にはパルス幅）及び周波数を調節することによって、モータ 32 で発生する駆動力を制御可能となっている。このインバータ 80 は、6 個のスイッチング素子（例えば、バイポーラ形 MOSFET（IGBT））を主回路素子として構成されており、これらのスイッチング素子のスイッチング動作により燃料電池 20 及び 2 次電池 30 から供給される直流電流を任意の振幅及び周波数の三相交流に変換する。インバータ 80 が備える各スイッチング素子は、導電ラインにより制御部 50 に接続されており、制御部 50 からの駆動信号によりそのスイッチングのタイミングの制御を受ける。

10

【0039】

このインバータ 80 と燃料電池 20 或いは 2 次電池 30 との接続状態は上記のスイッチ 20a、30a の制御により決定される。つまり、インバータ 80 と燃料電池 20 との接続のほか、インバータ 80 と 2 次電池 30 の接続や、インバータ 80 への燃料電池 20 と 2 次電池 30 の同時接続が可能である。そして、これらの接続状態を探る間において、燃料電池 20 の出力制御（発電運転制御）を任意に実行でき、また、2 次電池 30 の出力制御（出力 ON・出力 OFF の制御）も任意に実行できる。

20

【0040】

電流センサ 90 は、2 次電池 30 からの出力電流を検出する。2 次電池 30 の出力状態は放電の場合も充電の場合もあるが、以後、充放電両方の場合について出力電流という。この電流センサ 90 は制御部 50 と接続しており、電流センサ 90 によって検出された電流値は制御部 50 に入力される。入力された電流値は、2 次電池 30 における充放電状態を判断する際に用いられる。

30

【0041】

次に、上述した構成を有する燃料電池システム 10 が実行する燃料電池制御について説明する。図 7 はこの燃料電池制御の処理の内容を表すフローチャートである。この燃料電池制御は、燃料電池システム 10 を搭載する車両において、この燃料電池システムを始動させる所定のスタートスイッチがオン状態になったときから、CPU 52 によって所定時間ごと、例えば、 $10 \mu\text{s e c}$  ごとに実行される（S100）。

40

【0042】

本ルーチンが実行されると、まず、制御部 50 は本システムを搭載した電気自動車の運転者がアクセル操作を介して要求する駆動要求パワーの読み込みと、2 次電池 30 の残存容量 Q の読み込みを実行する（ステップ S110）。この駆動要求パワーは、運転者の要求に応じて車両のモータ 32 を回転させるためのパワー（負荷電力）であり、燃料電池 20 の発電電力と 2 次電池 30 の放電電力とで賄われる。この場合、駆動要求パワーは、アクセルペダル 33a の操作量（アクセルペダルポジションセンサ 33b の出力）を、制御装置 33 を経て制御部 50 に入力することで判別される。また、2 次電池 30 の残存容量 Q は残存容量モニタ 46 の出力値から読み込み演算される。

40

【0043】

これら読み込み演算に続いて、燃料電池 20 を間欠的に運転する間欠運転モードである旨を示す間欠フラグのセット状態を判定する（ステップ S120）。この間欠フラグは、後述の処理にてセット・リセットされ、セット（フラグオン）状態であれば燃料電池 20 を間欠運転させることを、リセット（フラグオフ）状態であれば燃料電池 20 を連続運転させることを表す。

【0044】

間欠フラグがリセット状態（連続運転）であると判定した場合は（S120；Yes）、駆動要求パワーが判別基準値である閾値パワー Ps より小さいか否かの判定を行う（ステップ S120）。閾値パワー Ps は、図 4 (c) に示すように、燃料電池 20 の出力が低い

50

ためにシステム効率が低くなる低負荷領域の燃料電池出力の境界値であり、燃料電池20からの電力供給を停止して間欠運転モードを行うかどうかの判別基準となる。例えば、燃料電池20の発電能力（電力供給能力）の約10%に設定されている。なお、この閾値パワー $P_s$ は、2次電池30の充放電能力やステップS110で読み込んだ残存容量Q等に応じて種々設定することが可能であり、上記したものに限られるわけではない。

【0045】

このステップS130で肯定判定した場合は（S130: Yes）、ステップS120での判定（間欠フラグオフ）を受けて燃料電池20を連続運転させる状況ではあるものの、駆動要求パワーが閾値パワー $P_s$ より小さいことになる。よって、この場合は、燃料電池20の運転モードを連続運転モードから間欠運転モードに移行する旨を示すよう、間欠フラグをオンにセットする（ステップS140）。次に、ステップS100で読み取った残存容量Qと駆動要求パワーとを対比し、2次電池30の残存容量Qだけの電力でモータ32を駆動要求パワー通りに回転させることができるか否かを判定する（ステップS150）。つまり、残存容量Qで駆動要求パワーを充足できるかを判定する。

10

【0046】

このステップS150で、残存容量Qで駆動要求パワーを充足できると判定した場合は（S150: Yes）、低い発電領域での燃料電池20と上記したポンプ、エアコンプレッサ等の燃料電池の補機類（周辺装置）を含む燃料電池機器群の運転を停止し、燃料ガスの燃料電池への供給を停止する。スイッチ20aは開放され、燃料電池からモータ32への電力供給は停止する。燃料電池20の開回路電圧は電圧計20bによって検出され、制御部50に送られる（ステップS160）。続いて、スイッチ30aを閉じて2次電池30から残存容量Qの電力をモータ32に供給して（ステップS170）、一旦本ルーチンを終了する（S230）。これにより、モータ32は2次電池30のみからの電力供給により回転し、車両は駆動要求パワーで駆動する。

20

【0047】

一方、ステップS150で、二次電池の残存容量Qだけでは駆動要求パワーを充足できないと判定した場合は（S150: No）、2次電池30と燃料電池20とを併用すべく、上記の燃料電池機器群を発電運転させると共に、燃料電池20の連続運転モードに移行するべき旨を示すよう、間欠フラグをオフにセットする（ステップS210）。これにより、2次電池30の残存容量Qの電力と燃料電池20が発電した電力とで、モータ32の回転並びに駆動要求パワーでの車両駆動が可能となる。

30

【0048】

このステップS210に続いて、駆動要求パワーが2次電池30の残存容量Qの電力と燃料電池20が発電した電力とで賄えるよう、スイッチ20a及び30aを閉成して2次電池30と燃料電池20とからモータ32に電力を供給して（ステップS220）、一旦本ルーチンを終了する（S230）。より詳しく説明すると、駆動要求パワーと残存容量QはステップS110での読み込みにより既知であることから、この両者から、燃料電池20で発電すべき電力は定まる。よって、この定まった電力を発電するための既述した燃料ガス供給量を演算し、その結果に応じて上述した補機類（周辺装置）を運転し、上記定まった電力を燃料電池20で発電する。これにより、モータ32は2次電池30と燃料電池20とからの電力供給により回転し、車両は駆動要求パワーで駆動する。

40

【0049】

また、ステップS130で駆動要求パワーが閾値パワー $P_s$ 以上であると判定した場合は、駆動要求パワーを得るには燃料電池20をシステム効率が高い状況で発電運転をすればよいと言える。よって、駆動要求パワーを2次電池30の電力と燃料電池20の発電電力で賄うべくステップS210に移行する。これにより、モータ32は2次電池30と燃料電池20とからの電力供給により回転し、車両は駆動要求パワーで駆動する（S220）。

【0050】

一方、制御部50は、既述したステップS120で、間欠フラグがオンにセットされた

50

状態（間欠運転状態）であると判定した場合は（S 1 2 0；No）、停止している燃料電池20の現在の開回路電圧（O C V）に応じた燃料電池起動判別の閾値設定P onを行うべく、電圧計20bから制御部50に供給されている燃料電池の出力電圧V ocvを読取る（S 1 8 0）。

【0 0 5 1】

制御部50は、燃料電池20の出力電圧V ocvからオン閾値P onを計算する。図8は、燃料電池の開回路電圧V ocvと設定すべきオン閾値P onの例を説明するグラフである。制御部50はこのグラフをマップデータとしてあるいは関数 $P_{on} = f(V_{ocv})$ としてROM54に予め記憶している。関数 $P_{on} = f(V_{ocv})$ は、開回路電圧の低下に伴ってオン閾値P onを下げるような特性を有している。それにより、停止している燃料電池の開回路電圧が低下すると燃料電池を起動するオン閾値P onが低くなるように設定される。オン閾値P onが低くなつて起動タイミングが相対的に早まるこつによって、後述のよう燃料電池20の出力の立ち上がりの遅延を減少することが可能となる。この関数 $f(V_{ocv})$ の最適な特性は装置設計においてあるいは実験的に同定することが出来る。図示の例では、燃料電池20の開回路電圧V ocvが400ボルトのときオン閾値P onは7キロワット、開回路電圧V ocvが200ボルトのときオン閾値P onは3キロワットに設定している。このようにして、制御部50はオン閾値P onを設定する（S 1 9 0）。

【0 0 5 2】

図9は、オン閾値P onが燃料電池20の開回路電圧の現在値によって調整される例を説明する説明図である。開回路電圧の現在値V ocvが低下すると、閾値P onの値は相対的に低く設定され、開回路電圧の現在値V ocvが高い状態（例えば、定格出力電圧）では閾値P onの値は相対的に高く設定される。

【0 0 5 3】

次に、制御部50は、駆動要求パワーがオン閾値パワーP onより大きいか否かの判定を行う（ステップS 2 0 0）。ここで、肯定判定した場合（S 2 0 0；Y e s）は、ステップS 1 2 0での判定（間欠フラグオン）を受けて燃料電池20を間欠運転させる状況ではあるものの、駆動要求パワーがオン閾値パワーP onより大きいことになる。よつて、この大きな駆動要求パワーを2次電池30の電力と燃料電池20の発電電力で賄うべく、ステップS 2 1 0に移行する。

【0 0 5 4】

上述したように、制御部50は2次電池30と燃料電池20とを併用すべく、上記の燃料電池機器群を発電運転させると共に、燃料電池20の連続運転モードに移行するべき旨を示すよう、間欠フラグをオフにセットする（ステップS 2 1 0）。これにより、2次電池30の残存容量Qの電力と燃料電池20が発電した電力とで、モータ32の回転並びに駆動要求パワーでの車両駆動が可能となる。

【0 0 5 5】

このステップS 2 1 0に続いて、駆動要求パワーが2次電池30の残存容量Qの電力と燃料電池20が発電した電力とで賄えるよう、スイッチ20a及び30aを閉成して2次電池30と燃料電池20とからモータ32に電力を供給して（ステップS 2 2 0）、一旦本ルーチンを終了する（S 2 3 0）。

【0 0 5 6】

より詳しく説明すると、駆動要求パワーと残存容量QはステップS 1 1 0での読み込みにより既知であることから、この両者から、燃料電池20で発電すべき電力は定まる。よつて、この定まった電力を発電するための既述した燃料ガス供給量を演算し、その結果に応じて上述した補機類（周辺装置）を運転し、上記定まった電力を燃料電池20で発電する。これにより、モータ32は2次電池30と燃料電池20からの電力供給により回転し、車両は駆動要求パワーで駆動する。

【0 0 5 7】

ステップS 2 0 0で否定判定した場合は（S 2 0 0；N o）、駆動要求パワーはまだ小さいままである。よつて、燃料電池20とその周辺装置を含む燃料電池機器群を停止した

10

20

30

40

50

ままこの駆動要求パワーを2次電池30の残存容量Qで賄うべく、ステップS150に移行して、既述したそれ以降の処理を実行する。これにより、燃料電池システム10は、燃料電池機器群の停止状況下で（ステップS160）、2次電池30の残存容量Qによりモータ32を回転させて（ステップS170）、車両を駆動要求パワーで駆動する。また、残存容量Qでは不足の場合は（ステップS150；No）、2次電池30と燃料電池20からの電力供給によりモータ32を回転させて（ステップS210、220）、車両を駆動要求パワーで駆動する。

#### 【0058】

以上説明したように、本実施例の燃料電池システム10は、アクセルペダル33aの踏込操作を介して運転者が要求する車両の駆動要求パワーの大きさにより、燃料電池20とその周辺装置を含む燃料電池機器群の運転・停止を定める。即ち、この駆動要求パワーが燃料電池20にとって高負荷領域の発電運転で得られるものである場合には（ステップS130；No）、燃料電池機器群を運転して燃料電池20で発電を起こし（ステップS210）、この電力と2次電池30の電力でモータ32を回転させて車両を駆動する（ステップS220）。よって、この場合は、燃料電池20を高負荷領域で効率よく発電運転でき、燃料電池システム10、延いてはこれを搭載した電気自動車としてシステム効率を向上することができる。

#### 【0059】

一方、駆動要求パワーが燃料電池20にとって低負荷領域の発電運転で得られるものである場合には（ステップS130；Yes）、2次電池30の残存容量Qでモータ回転を賄うことができれば（ステップS150；Yes）、燃料電池20とその周辺装置を含む燃料電池機器群を停止させ（ステップS160）、2次電池30単独でその残存容量Qによりモータ32を回転させて（ステップS170）、車両を駆動要求パワーで駆動する。よって、燃料電池20を低負荷領域で発電運転しないようにできるので、燃料電池20の無駄な発電を起こすことが無くなり燃料電池システム10、延いてはこれを搭載した電気自動車としてシステム効率を向上することができる。しかも、燃料電池20の運転停止と併せてエアコンプレッサ66等の周辺装置の運転も停止するので、これら装置の運転に要するエネルギーも使わないようにしてシステム効率をより向上することができる。

#### 【0060】

また、駆動要求パワーが低負荷領域のものであっても、2次電池30の残存容量Qがモータ回転に不足する場合は（ステップS150；No）、燃料電池機器群を運転させて、2次電池30と燃料電池20との電力でモータ32を回転させて（ステップS210、220）、車両を駆動要求パワーで駆動する。このため、運転者が意図する駆動状態で車両を駆動できるので、運転者に違和感を与えない。

#### 【0061】

また、本実施例では、駆動要求パワーがオフ閾値パワーPs以下であるために燃料電池20を停止させた状況から、駆動要求パワーが増加したために燃料電池20の運転を行う際には、この駆動要求パワーがオン閾値パワーPonより大きくなるまで燃料電池20を停止させたままとした（ステップS200）。よって、駆動要求パワーが閾値パワーPsの周辺で増減しても、燃料電池20の運転・停止を繰り返すようなハンチングを回避できる。このため、ハンチングによる不具合、例えば、燃料電池20の周辺装置であるポンプ等の異音発生等を回避できる。

#### 【0062】

また、本実施例では、駆動要求パワーがオフ閾値パワーPs以下であるために燃料電池20への燃料ガス供給を完全に停止させた状態から、駆動要求パワーが増加したために燃料電池20を再起動する際に、燃料電池20の起動を決定するオン閾値パワーPonを燃料電池20の現在の開回路電圧（OCV）に応じて調整するようにした（S180、S190）。それにより、燃料電池20の開回路電圧OCVの低下による燃料電池の起動の遅れ（図6参照）を可及的に回避することが可能となっている。燃料電池の起動特性（応答性）を確保しつつ燃料電池の燃費を改善することが可能となって好ましい。

## 【0063】

また、上述したオフ閾値  $P_s$  を固定値とするのではなく、可変値としても良い。例えば、燃料電池の残留起電力に応じて調整されるオン閾値  $P_{on}$  から所定値  $\alpha$  だけ低い値 ( $P_{on} - \alpha$ ) に設定することとしても良い。この場合にはオン閾値  $P_{on}$  の値が変化してもハンチング防止の余裕  $\alpha$  が常に確保される。また、上記ハンチングの不具合が生じなければ、オフ閾値  $P_s$  をオン閾値  $P_{on}$  と同じ値に設定しても良い。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0064】

【図1】燃料電池システムを搭載する電気自動車を説明するブロック図である。

10

【図2】補機類（水素ガス使用例）を説明するためのブロック図である。

【図3】補機類（改質ガス使用例）を説明するためのブロック図である。

【図4】図4 (a) 乃至同図 (c) は燃料電池システムの効率を説明するグラフである。

【図5】燃料電池の開回路電圧 (O C V) を所定値に維持するために水素ガスを断続的に供給する例を説明するグラフである。

【図6】燃料電池の開回路電圧の低下による燃料電池起動（出力立上がり）の遅れ特性を説明するグラフである。

【図7】制御部による燃料電池の間欠運転と開回路電圧の低下に対応した早期起動の制御動作を説明するフローチャートである。

【図8】燃料電池の開回路電圧に応じた燃料電池オンの基準値（閾値）設定例を説明するグラフである。

20

【図9】燃料電池システムの間欠運転における燃料電池オンの基準値を開回路電圧に応じて変化させる例を説明する説明図である。

## 【符号の説明】

## 【0065】

10 … 燃料電池システム

30

20 … 燃料電池

30 … 2次電池

32 … モータ

33 … 制御装置

33a … アクセルペダル

33b … アクセルペダルポジションセンサ

34 … 補機類

36 … DC/DCコンバータ

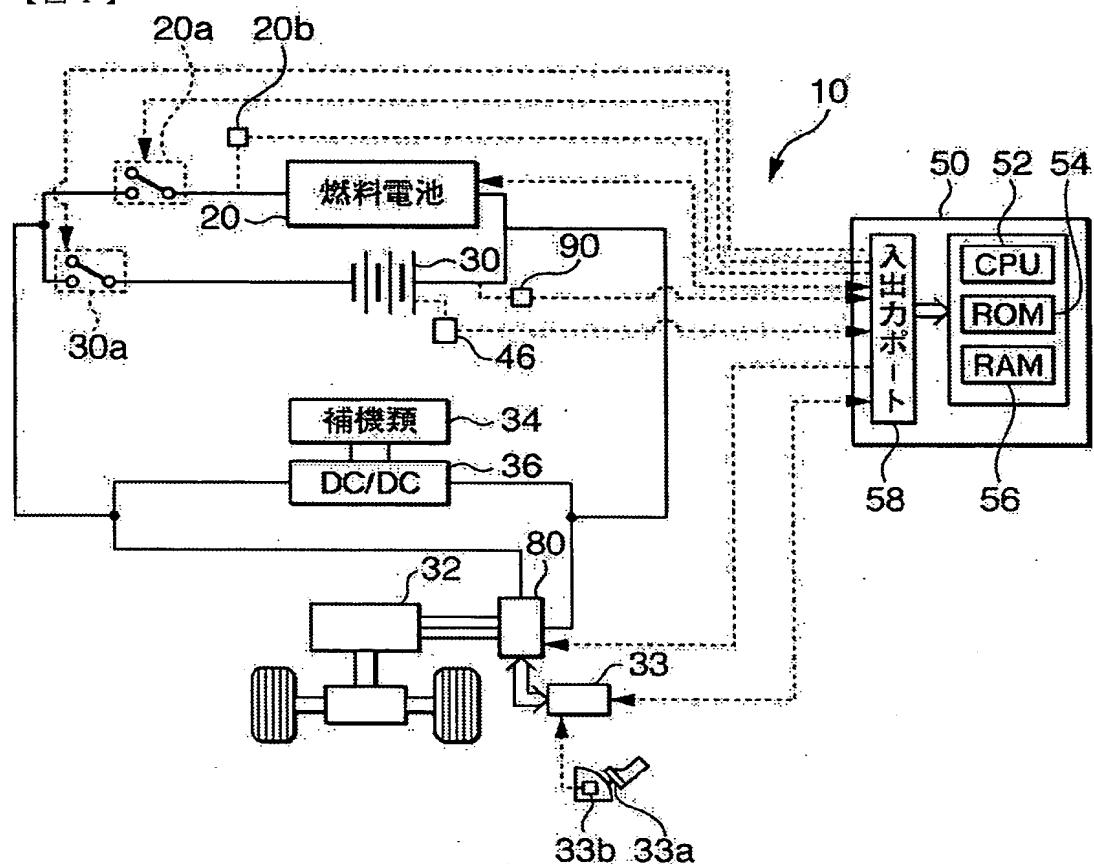
46 … 残存容量モニタ

50 … 制御部

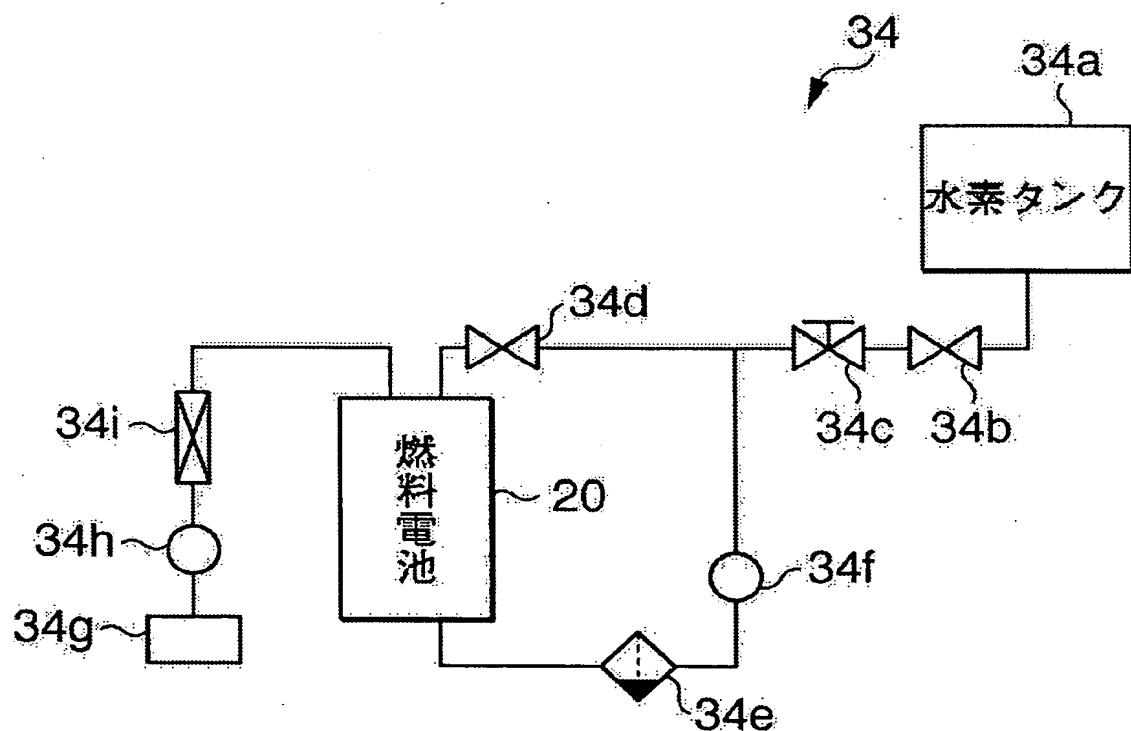
80 … インバータ

90 … 電流センサ

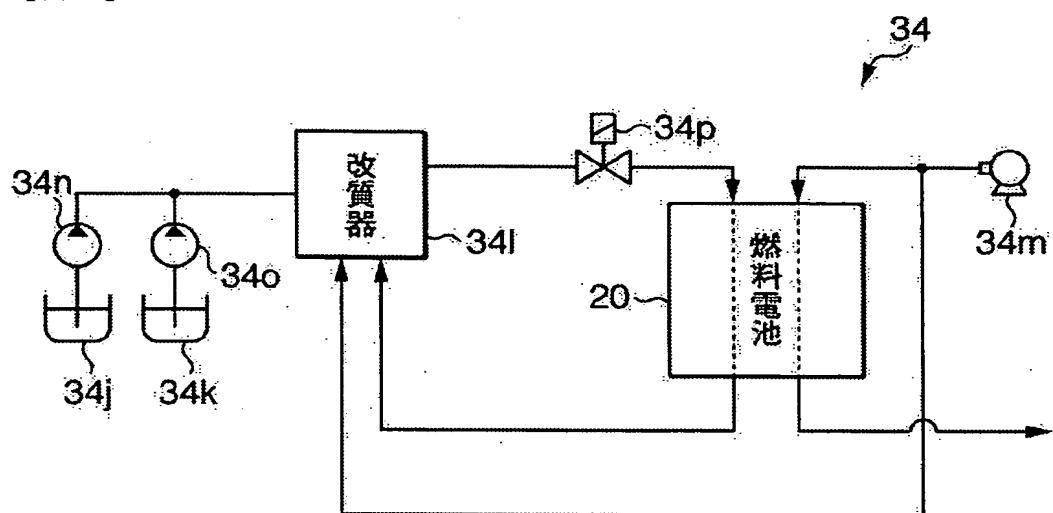
【図 1】



【図 2】

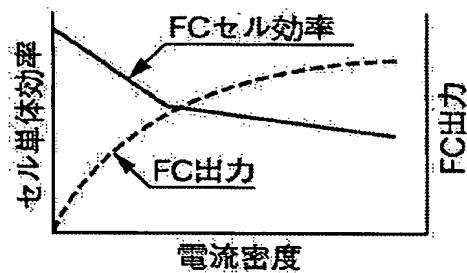


【図 3】

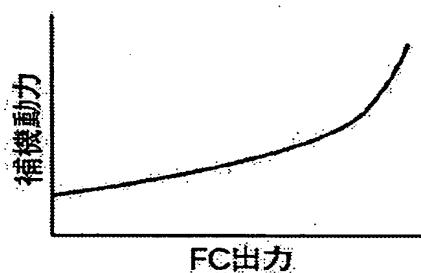


【図 4】

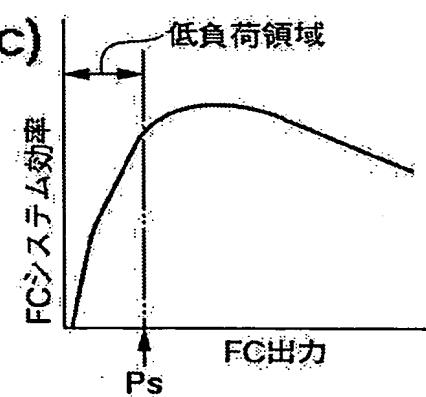
(a)



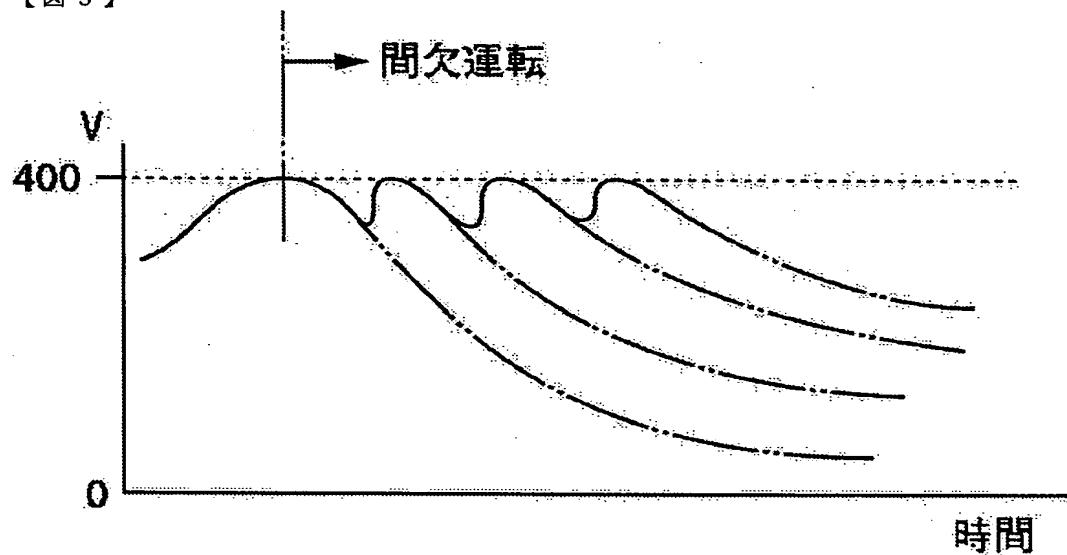
(b)



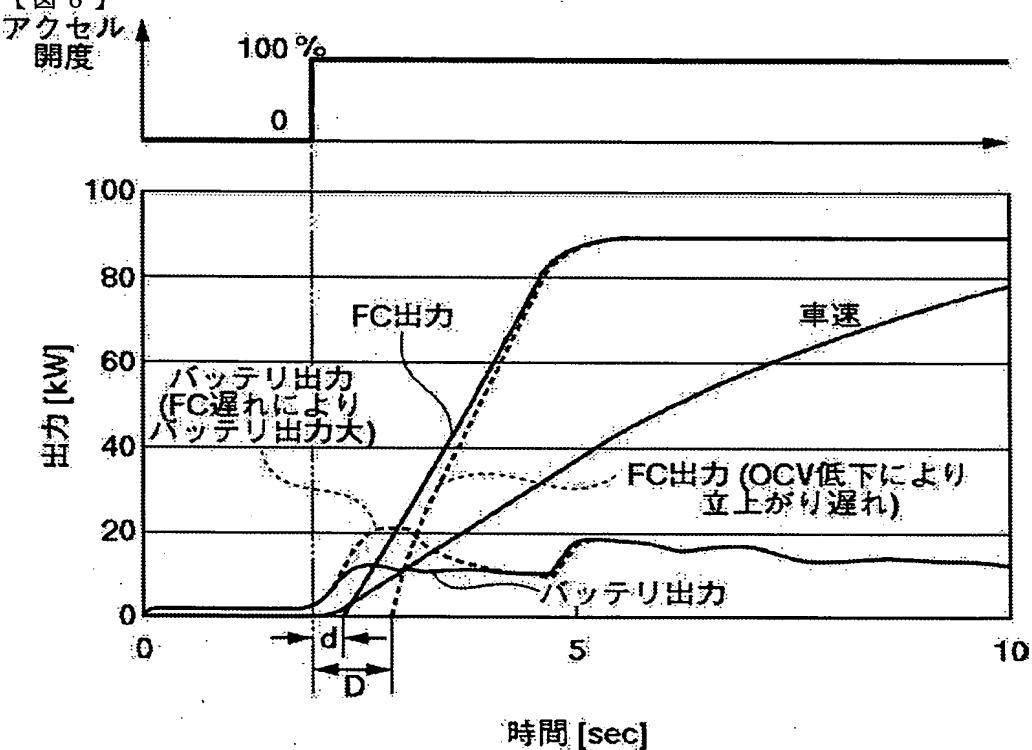
(c)



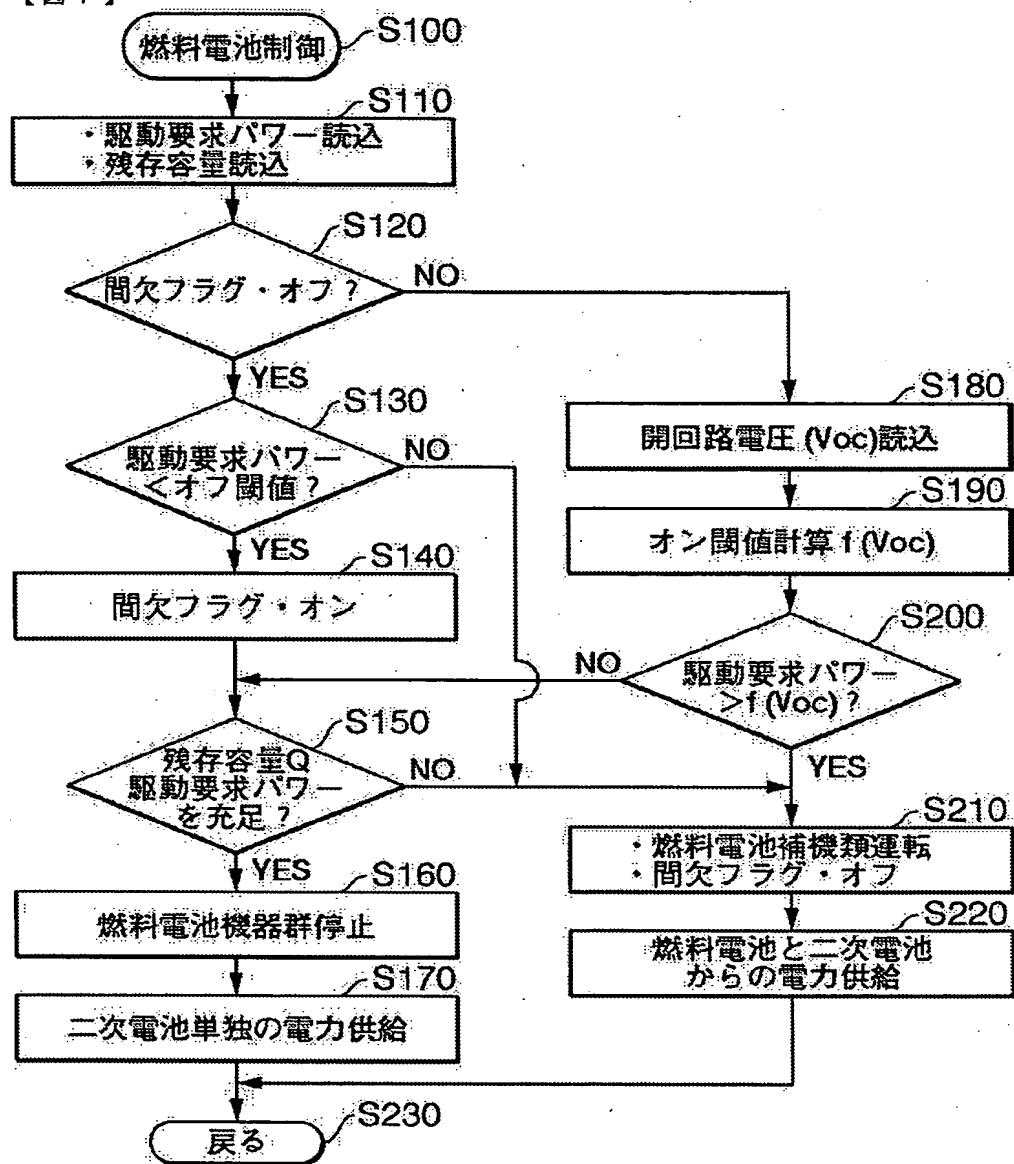
【図 5】



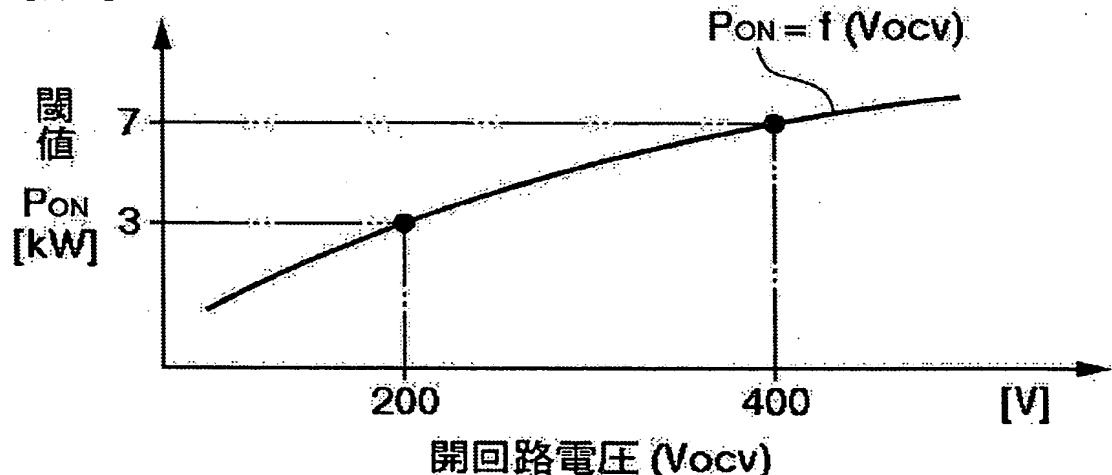
【図 6】



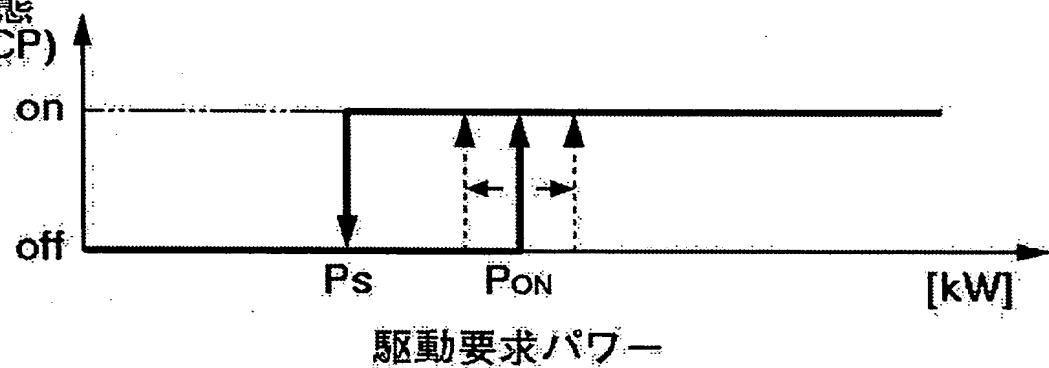
【図 7】



【図 8】



【図9】  
FC作動  
状態  
(A/CP)



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 仁

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H027 AA02 BAO1 BA13 DD03 MM26

5H115 PA01 PA12 PC06 PG04 PI16 PI18 PI29 P006 PU10 PV09

QN03 TI02 TI05